

# ESTADO DEL ARTE DE LA QUINUA EN EL MUNDO EN 2013



Food and Agriculture  
Organization of the  
United Nations

**Secretaría del Año Internacional de la Quinua:** Salomón Salcedo (FAO)  
**Coordinación General del Año Internacional de la Quinua:** Tania Santivañez (FAO)  
**Coordinación científica y técnica:** Didier Bazile (CIRAD)  
**Edición científica:** Didier Bazile, Daniel Bertero y Carlos Nieto  
**Revisión de textos y estilo:** Raúl Miranda  
**Diseño:** Marcia Miranda  
**Colaboradores:** Sara Granados y Gonzalo Tejada

**Para citar el libro completo:**

BAZILE D. et al. (Editores), 2014. "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 724 páginas

**Para citar solo un capítulo:**

AUTORES, (2014). Título del capítulo. Capítulo Numero XX. IN: BAZILE D. et al. (Editores), "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. XX-YY

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.  
ISBN 978-92-5-308558-3 (PDF)

© FAO, 2014

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO aprueba los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios. Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request) o a [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización ([www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org).

## CAPÍTULO: 1.5

# TÍTULO: ESTADO DE LA CONSERVACIÓN EX SITU DE LOS RECURSOS GENÉTICOS DE QUINUA

\*Autor para correspondencia: Wilfredo ROJAS <w.rojas@proinpa.org>

## Autores:

WILFREDO ROJAS<sup>\*a</sup>, MILTON PINTO <sup>a</sup>, CAROLINA ALANOCA<sup>b</sup>, LUZ GÓMEZ PANDO<sup>c</sup> PEDRO LEÓN-LOBOS<sup>d</sup>, ADRIANA ALERCIA<sup>e</sup>, STEFANO DIULGHEROFF<sup>f</sup>, STEFANO PADULOSI<sup>e</sup>, DIDIER BAZILE<sup>g</sup>

<sup>a</sup> Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos - PROINPA; Américo Vespucio 538, Piso 3, La Paz, Bolivia.

<sup>b</sup> Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF; Batallón Colorados 24, Edif. El Cóndor Piso 12, La Paz, Bolivia.

<sup>c</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM; Av. La Molina S/N, La Molina, Lima, Perú.

<sup>d</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIA; Banco Base de Semillas, Estación Experimental Vicuña, Camino Peralillo s/n Vicuña. Chile.

<sup>e</sup> Bioersity International; Sede Central, Via dei Tre Denari 472/ a 00057 Maccarese (Fiumicino), Roma, Italia.

<sup>f</sup> FAO, Roma, Italia.

<sup>g</sup> UPR GREEN, CIRAD-ES; TA C-47/F, Campus International de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5 – Francia.

## Resumen

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo potencialmente estratégico que desempeña un rol esencial en la seguridad y soberanía alimentaria, contribuye de forma significativa a las necesidades básicas de la población y es parte del patrimonio ancestral y cultural de los países andinos. Su amplia diversidad conforma un acervo genético extraordinariamente valioso y que se expresa en la variabilidad de colores de la planta, inflorescencia y semilla, duración del ciclo de cultivo, valor nutritivo y agroindustrial, así como en el contenido de saponina del grano. Esta diversidad, confiere al cultivo una amplia adaptación a diferentes condiciones agroecológicas (suelos, precipitación, temperatura, altitud, tolerancia a heladas, sequía, salinidad). A nivel mundial son 16422 las accesiones de quinoa

y sus parientes silvestres que se conservan en 59 bancos de semillas de 30 países (*Chenopodium quinoa*, *C. album*, *C. berlandieri*, *C. hircinum*, *C. petiolare*, *C. murale* y *Chenopodium* sp.). Los bancos de semilla de la región Andina conservan más del 88% de la variabilidad genética del cultivo. A pesar de disponer esta amplia diversidad, en la actualidad no se utiliza adecuadamente. El grano perlado y los productos procesados en los mercados derivan de un conjunto reducido de variedades cultivadas, lo que evidencia una subutilización del potencial genético. En general, los países no poseen políticas claras en materia de conservación *ex situ* de las colecciones de germoplasma de quinoa. Los bancos de germoplasma de los países con mayor diversidad están escasamente vinculados entre sí en el mismo país y menos entre diferentes países.

Cada banco de semillas desarrolla sus actividades según los objetivos de la institución y muchas veces según intereses individuales de los investigadores, en vez de que sea sobre la base de una estrategia planificada a beneficio del programa nacional. En este capítulo se hace una revisión de las colecciones de germoplasma de quinua de los diferentes países, particularmente de la región Andina, la distribución de su variabilidad genética y una descripción de la infraestructura e instalaciones utilizadas para su conservación. Se incluye también información relativa a la caracterización y evaluación, los procedimientos para la regeneración y multiplicación y los sistemas de documentación que se utilizan. Finalmente se describen los vínculos entre la conservación *in situ* y *ex situ*.

### Introducción

Durante los últimos cuatro decenios, las colecciones de germoplasma mantenidas *ex situ* han experimentado un significativo aumento en cantidad, como resultado del intenso trabajo hecho en todo el mundo para conservar los recursos RFGAA<sup>1</sup>. Estas colecciones se mantienen en condiciones muy diversas, dependiendo de políticas de orden nacional o internacional, del entorno institucional, de la pericia disponible, de las instalaciones y los presupuestos, y del grado de colaboración nacional e internacional (Engels y Visser 2003). Según el segundo informe sobre el estado del arte de los RFGAA<sup>1</sup> (FAO, 2010), la cantidad total de muestras conservadas *ex situ* en todo el mundo ha aumentado desde 1996, aproximadamente un 20% (1,4 millones), alcanzando 7,4 millones de accesiones que se conservan en 1750 bancos. Este incremento en cantidad de accesiones y diversidad de tipos de germoplasma, requieren que las colecciones se manejen con los más altos estándares de conservación.

La sola creación de un banco de germoplasma no garantiza la conservación de los recursos fitogenéticos importantes para un país, ni que las colecciones se manejen con los estándares de conservación adecuados, aspectos que han sido evidenciados con el primer y segundo informe sobre el estado del arte de los RFGAA en el mundo (FAO 1996; FAO 2010). Los bancos de germoplasma son esenciales para la seguridad y soberanía

alimentaria de cada pueblo, son parte de su patrimonio ancestral y cultural, y como tales son una responsabilidad que debe asumir el gobierno de cada país y la sociedad en su conjunto. Para ello la conservación requiere apoyo institucional, es decir, proveer de manera sostenida recursos económicos, contar con personal especializado y con el equipamiento necesario para mantener las colecciones de germoplasma y realizar las actividades de conservación.

Según Engels y Visser (2003) cada vez se presta más atención a la regeneración del germoplasma de una colección, inquietud que obedece a los costos siempre crecientes del mantenimiento y la regeneración de las colecciones y a la posibilidad de que, con el tiempo, se detecte erosión genética en un banco que no haya aplicado un manejo adecuado. El aspecto económico de un banco de germoplasma no sólo representa un factor externo que consiste en asignar presupuestos a operaciones específicas del banco, sino que se relaciona con el proceso interno de toma de decisiones sobre los gastos que implican, que es un asunto mucho más importante.

El manejo de los bancos de germoplasma ha evolucionado muchas veces sin una buena planificación. Adicionalmente, las condiciones locales de manejo del germoplasma varían enormemente, haciendo surgir muchos enfoques diferentes de manejo y una diversidad de experiencias. Esto ha ocurrido a pesar de que se han hecho diversos esfuerzos internacionales para tratar de estandarizar el manejo de los bancos de germoplasma, en particular, de los bancos de semilla (FAO/IPGRI 1994; Engel y Visser 2003; Rao et al. 2007; FAO 2013).

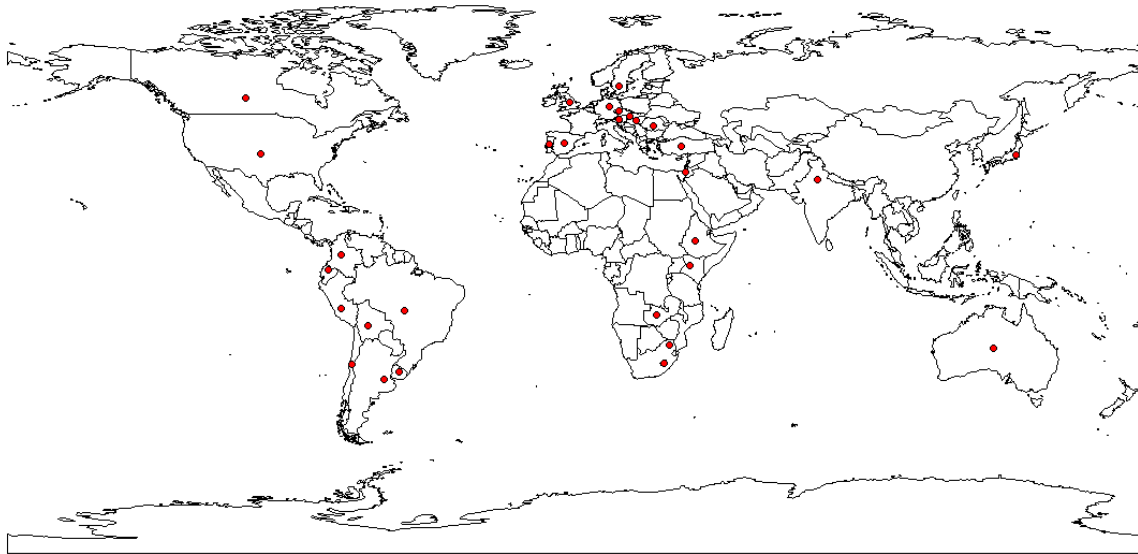
### Bancos y colecciones de germoplasma de quinua en el mundo

La semilla de quinua se ha clasificado como semilla de comportamiento del tipo 'ortodoxo' (Ellis et al. 1988), es decir que su viabilidad se puede mantener de una manera previsible en una gama de condiciones ambientales controladas, a través de la reducción de la temperatura y humedad de las semillas (Ellis y Roberts 1980). La conservación *ex situ* de quinua se lleva a cabo en bancos de germoplasma que utilizan dichas propiedades de las semillas para lograr el máximo tiempo de almacenamiento con el

<sup>1</sup> RFGAA – Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación

mínimo de actividad fisiológica y la mínima pérdida de viabilidad. Los bancos de semillas representan además una solución eficiente y de baja relación costo – beneficio, en un espacio relativamente reducido se puede almacenar una gran cantidad

de muestras (Leon-Lobos et al. 2010). El manejo de los bancos de semillas comprende una serie de etapas y procedimientos que requieren personal capacitado para el procesamiento de la semilla y el control periódico de su viabilidad (FAO, 2013).



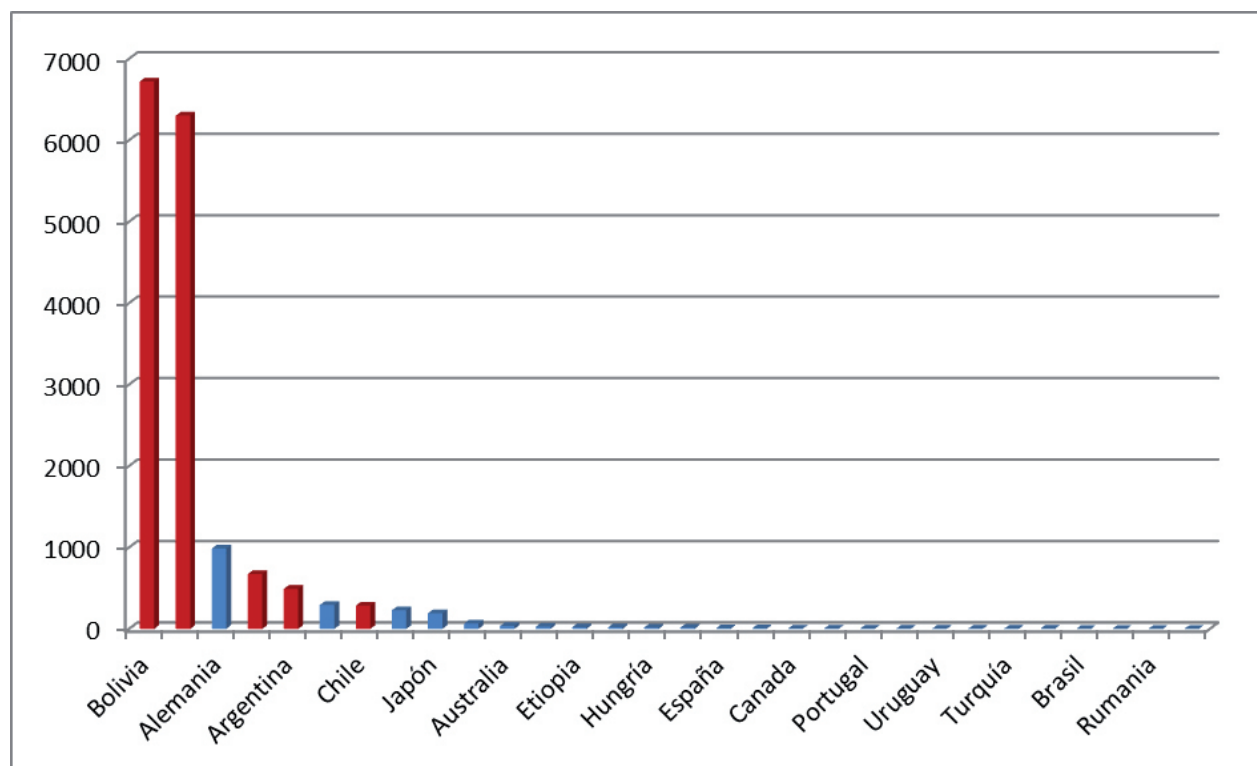
**Figura 1.** Países que conservan colecciones de germoplasma de quinua

En el Segundo Informe de la FAO sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación en el mundo, se indica que a nivel mundial existen 16263 accesiones del género *Chenopodium* (FAO 2010), que incluye además de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), la cañahua o cañihua (*C. pallidicaule* Aellen), el paico o epazote (*C. ambrosoides* L.) y otras especies. Con base en una reciente actualización de la información sobre colecciones *ex situ* de quinua y sus parientes silvestres, realizada con el apoyo de la FAO, Bioversity International y expertos que trabajan con colecciones de quinua, se estima en 16422 el número de accesiones conservadas a nivel mundial de *Chenopodium*<sup>2</sup> *quinoa*, *C. album*, *C. berlandieri*, *C. hircinum*, *C. petiolare*, *C. murale* y *Chenopodium* sp. (Anexo 1).

Son 30 los países en el mundo que conservan quinua y sus parientes silvestres en 59 bancos de germoplasma de semillas (Figura 1). Estos son: 10 países en América (Argentina, Bolivia, Brasil, Canadá, Colombia, Chile, Ecuador, Estados Unidos, Perú y Uruguay), 11 en Europa (Alemania, Austria, Eslovaquia, España, Hungría, República Checa, Portugal, Reino Unido, Suecia, Turquía y Rumania), 5 en África (Etiopia, Kenia, Lesoto, Zambia y Sud África), 3 en Asia (India, Japón y Jordania) y Australia (Anexo 1).

Entre los países de la región Andina, Bolivia y Perú son los que conservan la mayor diversidad, luego están Ecuador, Argentina y Chile. De los restantes 25 países del mundo, se destacan Alemania con 987 accesiones, India con 294, EEUU con 229 y Japón con 191 accesiones de quinua y sus parientes silvestres (Figura 2 y Anexo 1).

<sup>2</sup> *Chenopodium*: Ver capítulo 1.1 Botánica, filogenia y evolución (respecto a su nueva clasificación del género para considerar a los parientes silvestres de la quinua)



**Figura 2.** Número de accesiones de quinua que se conservan en el mundo

En la región Andina, desde mediados del siglo XX se han implementado bancos de germoplasma, cuyos encargados del manejo y conservación son instituciones relacionadas con el sector agrícola y universidades como es el caso de Argentina, Bolivia, Colombia, Chile, Ecuador y Perú. De las 16422 accesiones conservadas a nivel mundial, 14502 (88%) se conservan en bancos de germoplasma de la región Andina.

En **Bolivia** son seis los bancos de semilla en los que se conservan 6721 accesiones de quinua (Figura 3 y Anexo 1). Estos están ubicados en el Centro Toralapa del INIAF<sup>3</sup>, en la Estación Experimental Choquenaira de la UMSA<sup>4</sup>, en el Centro de Investigación en Biotecnología y Recursos Fitogenéticos de la UTO<sup>5</sup>, en la Unidad Académica Tiahuanacu de la UCB<sup>6</sup>, en el Centro Experimental Kallutaca de la UPEA<sup>7</sup>, y en el Centro de Investigación y Promoción Comunal – CIPROCOM. El germoplasma de quinua con el mayor número de accesiones es el que maneja el

INIAF con 3.178 accesiones, es conocido como la colección nacional de germoplasma de quinua, le siguen las colecciones de la UTO y la UMSA con 1.780 y 1.370 accesiones, respectivamente (FAO WIEWS 2013).

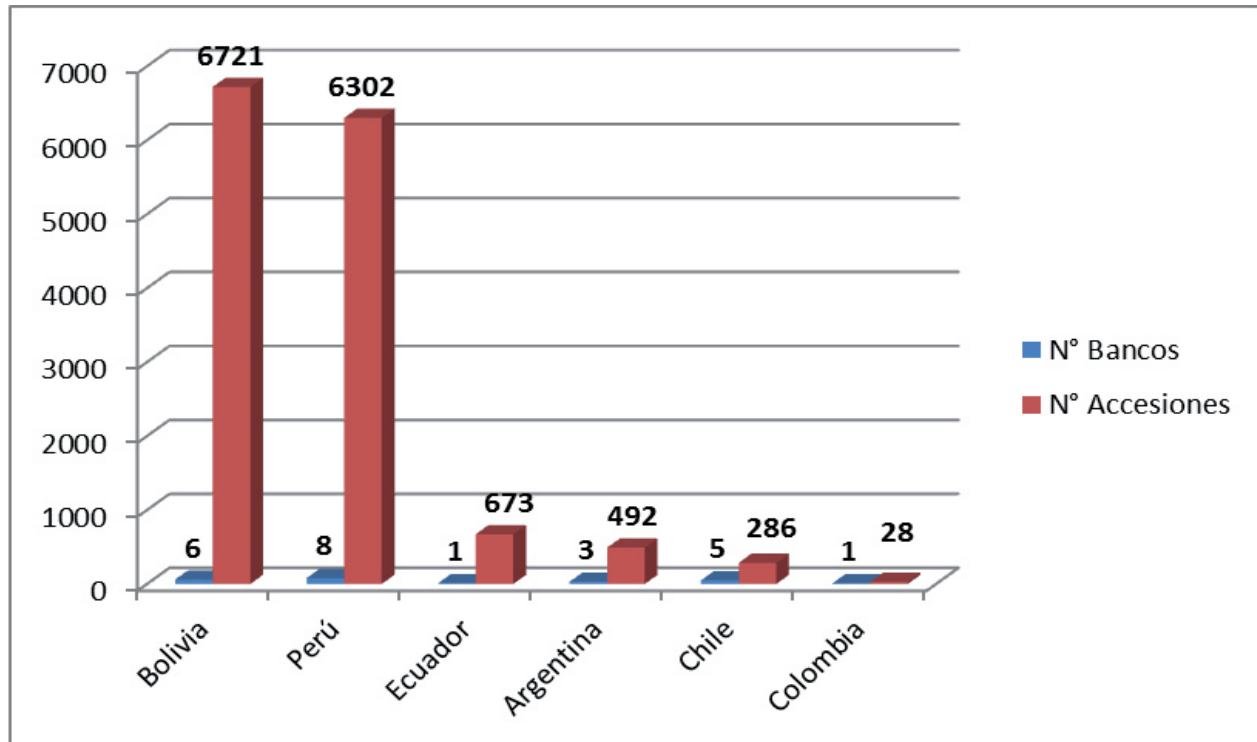
<sup>3</sup> INIAF - Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal

<sup>4</sup> UMSA – Universidad Mayor de San Andrés

<sup>5</sup> UTO – Universidad Técnica de Oruro

<sup>6</sup> UCB – Universidad Católica Boliviana

<sup>7</sup> UPEA – Universidad Pública de El Alto



**Figura 3.** Número de accesiones y bancos de semilla que conservan germoplasma de quinua en los países de la región Andina

En **Perú**, son ocho los bancos de germoplasma donde se conservan 6302 accesiones de quinua (Anexo 1). Los bancos se encuentran en las Estaciones Experimentales del INIA<sup>8</sup>, en Illpa (Puno), Andenes (Cusco), Canaán (Ayacucho), Santa Ana (Huancayo) y Baños del Inca (Cajamarca), y en la Universidad Agraria La Molina de Lima, la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y la Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Mujica 1992; Bonifacio et al. 2004; Bravo y Catacora 2010; Gómez y Eguiluz 2011). Las colecciones con el mayor número de accesiones son de la Universidad Nacional Agraria La Molina, la Universidad Nacional del Altiplano y el INIA Puno con 2089, 1910 y 1029 accesiones, respectivamente (FAO WIEWS 2013).

En **Argentina**, la red nacional de conservación de bancos de semilla cuenta con un total de 492 accesiones de quinua (Anexo 1) conservadas en el Banco Base del INTA<sup>9</sup> y en parte duplicadas en el Banco Activo de Germoplasma del Noroeste Argentino y el Banco de Germoplasma de la Consulta (Argentina MNII<sup>10</sup> 2013; FAO WIEWS 2013). Dicha

colección es el resultado de esfuerzos realizados conjuntamente por la Facultad de Agronomía de la UBA<sup>11</sup> y el INTA.

En **Ecuador**, son 673 accesiones de quinua conservadas por el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos y Biotecnología en la Estación Experimental de Santa Catalina del INIAP<sup>12</sup> (Ecuador MNII 2013; FAO WIEWS 2013; Peralta 2006). En **Colombia** el banco de germoplasma de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria en Tibaitatá conserva 28 accesiones (FAO WIEWS 2013)

<sup>8</sup> INIA – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Perú

<sup>9</sup> INTA - Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria, Argentina

<sup>10</sup> MNII – Mecanismo Nacional de Intercambio de Información

<sup>11</sup> UBA – Universidad de Buenos Aires, Argentina

<sup>12</sup> INIAP - Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador





**Figura 4.** Bancos de semilla en Sur América que conservan germoplasma de quinua

Por su parte en **Chile** se conservan 286 accesiones (Anexo 1), de las cuales 203 accesiones están conservadas en el Banco Base de Semilla del Centro Experimental Vicuña – INIA<sup>13</sup>, y las demás en el banco de semillas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UACH<sup>14</sup>, en el Banco Activo de Semillas del Centro Regional de Investigación Carillanca – INIA, en la Universidad Arturo Prat (UNAP) y en el Banco de Semillas Baer (Barriga et al. 1994; Salazar et al. 2006; Madrid et al. 2011; Chile MNII 2013; FAO WIEWS 2013).

En la Figura 4 se indica la localización geográfica de los 26 bancos de semilla de América del Sur que conservan quinua, de los cuales 24 bancos pertenecen a países de la región Andina

#### **Distribución del origen geográfico de las colecciones de quinua conservadas *ex situ*.**

<sup>13</sup> INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile

<sup>14</sup> UACH – Universidad Austral de Chile, Chile

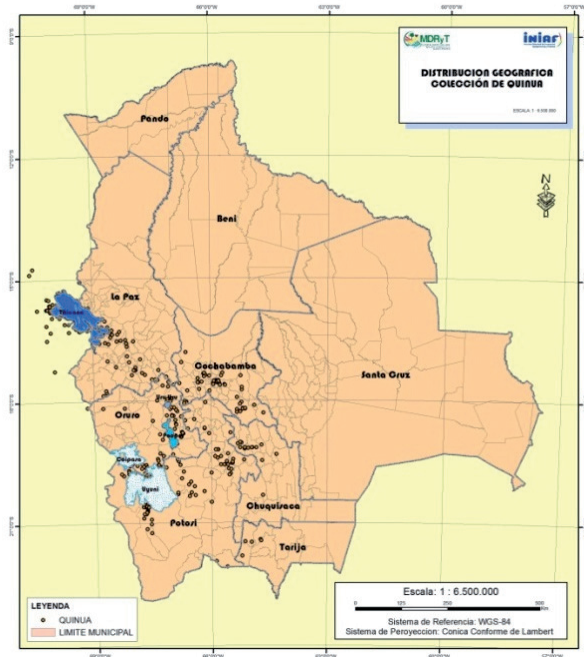
Es esencial contar con la debida información sobre la distribución de la quinua, ya que es considerada un recurso potencial y de primera necesidad para la seguridad alimentaria de los pueblos y a nivel mundial. Si se analiza la información (disponible) de pasaporte que tienen los bancos, es posible en cierta forma, hacer una representación de la distribución del cultivo, para ver cuáles son áreas de influencia que tiene cada uno y dónde se requiere actuar con mayor profundidad.

Según estudios realizados con la colección nacional de **Bolivia** (Rojas 2002; Rojas et al. 2010), el origen geográfico de la colección se distribuye desde los 15°42' (provincia Omasuyo, Departamento de La Paz) hasta los 21°57'S (provincia M. Omiste, Departamento de Potosí), y desde los 64°19' (provincia Tomina, Departamento de Chuquisaca) hasta los 69° 09' W (provincia Manco Kapac, Departamento de La Paz) y su distribución altitudinal varía desde los 2400 hasta los 4200 m.s.n.m. (Figura 5).



Se puede observar en la Figura 3 que un mayor número de accesiones procede de la región del altiplano, principalmente en áreas aledañas a la carretera que se extiende desde el Lago Titicaca, La Paz, Oruro, Challapata y Uyuni, en el caso del altiplano sur también por las zonas de Salinas de Garci Mendoza, Daniel Campos y los Lipez. Por su parte, en la región de los valles interandinos se advierte mayor concentración de accesiones de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí, respecto a Tarija.

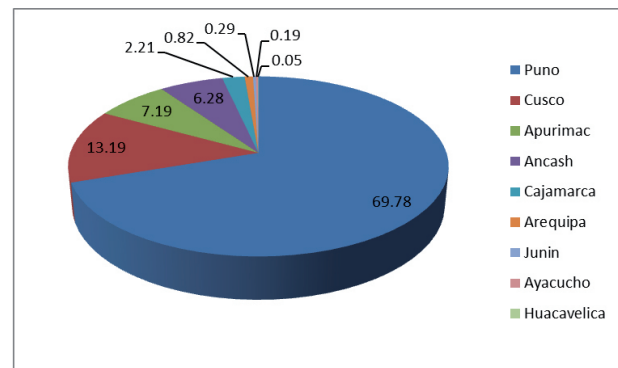
La colección nacional de quinua en Bolivia alberga un gran número de accesiones, actualmente se conservan 3178 accesiones entre cultivadas y silvestres que fueron colectadas entre los años 1965 al 2008 en comunidades del altiplano y los valles interandinos del país en los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija. Asimismo, se cuenta con germoplasma proveniente de Perú, Ecuador, Colombia, Argentina, Chile, México, EEUU, Dinamarca, Holanda e Inglaterra (Rojas et al. 2010a; Rojas et al. 2009).



**Figura 5.** Distribución del germoplasma de quinua que se conserva en el INIAF de Bolivia

En el **Perú**, considerando las accesiones de quinua que se almacenan en las colecciones de semilla de la Universidad Nacional Agraria La Molina y la Universidad Nacional del Altiplano, la distribución se concentra principalmente en los valles interandinos y la sierra. En el caso de los valles interandinos se han colectado accesiones de quinua entre los 2200 a 3500 msnm, principalmente en los departamentos de Cajamarca, Ancash, Junín, Ayacucho, Huancavelica, Arequipa, Apurímac y Cusco. En el caso de la sierra, las accesiones provienen de altitudes entre los 3600 a 4050 msnm, de los departamentos de Huancavelica, Arequipa, Apurímac, Cusco y Puno.

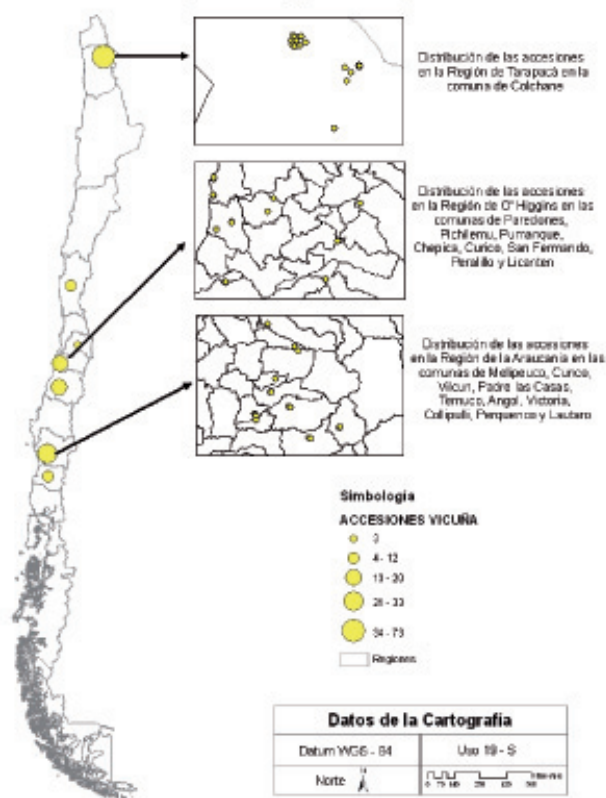
En el caso de la colección de quinua de la UNALM, de las 2089 accesiones que se conservan, el 69.78% proceden del departamento de Puno, el 13.19% del departamento de Cusco, el 7.19% del departamento de Apurímac y el 6.28% del departamento de Ancash. Los cuatro departamentos contribuyen con más del 96% del número de accesiones que se conserva en la Universidad (Figura 6).



**Figura 6.** Distribución por Departamentos del germoplasma de quinua que se conserva en la Universidad Nacional Agraria La Molina del Perú

En **Chile**, las accesiones de quinua que conserva el banco base del CRI Intihuasi del INIA provienen principalmente de tres zonas del país (Figura 7). En la zona norte, en la Región de Tarapacá en la comuna de Colchane y en la Región de Coquimbo, en las provincias de Elqui y Limarí. En la zona centro, en la Región Metropolitana, la costa de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. En la zona sur, en la Región de la Araucanía y la Región de los Lagos (Madrid, 2011).

### Distribución de las accesiones del Banco Base Intihuasi del INIA, en las regiones del país.



**Figura 7.** Distribución de las accesiones de quinua conservadas en el Banco Base de Semillas, Intihuasi del INIA, Chile (según Madrid, 2011)

#### Características de la infraestructura e instalaciones donde se manejan y conservan colecciones de germoplasma.

Las características de la infraestructura y en particular de la sala de almacenamiento y equipos son fundamentales para evitar el deterioro acelerado de la viabilidad y el porcentaje de germinación de las semillas de quinua. A continuación se describe la ubicación y las características de los ambientes donde se almacenan accesiones en Bolivia, Perú y Chile.

En **Bolivia** la colección nacional se conserva en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos, ubicado en la Estación Experimental de Toralapa del INIAF (17°31'S, 65°41'W; 3430 msnm), a 73 km de la ciudad de Cochabamba, sobre la carretera antigua a Santa Cruz.

Este banco de germoplasma cuenta con una

sala de almacenamiento, un laboratorio y la sala de acondicionamiento de muestras. La sala de almacenamiento mide 72 m<sup>2</sup>, sus paredes son de ladrillo y no tiene ventanas, están revestidas internamente con plastoformo (poliestireno expandido) y el piso es de cerámica. La temperatura promedio dentro de la sala de almacenamiento es de 15°C y una humedad de 40%, se cuenta con la ayuda de un equipo deshumidificador que extrae la humedad de la sala.

La sala de acondicionamiento tiene una superficie de 20 m<sup>2</sup>, es el espacio donde se prepara las semillas para el análisis de laboratorio y se controla su tamaño. El laboratorio tiene una superficie de 16 m<sup>2</sup>, es el espacio donde se llevan a cabo los análisis de la calidad biológica de las semillas (germinación, estado fitosanitario, contenido de humedad, etc.), antes de que la accesión pase al almacenamiento.

Por las características climáticas de la ubicación del banco y las condiciones de la sala de almacenamiento, solo es posible llevar a cabo una conservación a corto y mediano plazo en condiciones naturales. De hecho es la forma de almacenamiento con la que se ha trabajado desde la implementación de la colección boliviana de quinua.

Los envases utilizados en el almacenamiento son frascos de plástico de 1000 g de capacidad, 0.4 a 2 mm de espesor y con doble tapa. Estos envases responden muy bien a temperaturas que fluctúan entre 8 a 20 °C, una humedad relativa de 15 a 60% y se adecuan bien para un almacenamiento a corto y mediano plazo (IPGRI 1996). En estas condiciones se pueden almacenar y conservar accesiones por alrededor de 20 años, dependiendo del material genético (Figura 8).



Con el propósito de implementar la conservación de quinua a largo plazo en Bolivia, en el año 2002 se iniciaron trabajos de investigación con silica gel y bórax como métodos de secado de semilla, pero los resultados no permitieron alcanzar los niveles de humedad que exigen las Normas para Bancos de Genes (FAO/IPGRI 1994), principalmente por los prototipos artesanales que se construyeron para ese cometido (Rojas y Camargo 2002).

En el siguiente año de trabajo se logró establecer un protocolo para la implementación del almacenamiento a largo plazo (Rojas y Camargo 2003), siguiendo los estándares internacionales (FAO/IPGRI 1994) y se logró iniciar la conservación a largo plazo con 247 accesiones de quinua que corresponden a la 'colección núcleo' (Rojas 2010).



**Figura 8.** Sala de almacenamiento y laboratorio de procesamiento y germinación de semillas del Banco de Germoplasma de Granos Andinos del INIAF de Bolivia

Este trabajo corresponde a la primera experiencia de conservación a largo plazo con el germoplasma boliviano de quinua, donde las muestras de cinco gramos por accesión tienen entre 3 a 7% de contenido de humedad en la semilla. Estas muestras están almacenadas al vacío en sobres de aluminio herméticamente sellados y conservados a 20°C. Luego de cinco años de almacenamiento (2008), se hizo el primer monitoreo de la semilla almacenada a largo plazo. Los resultados fueron alentadores porque el porcentaje de germinación se mantuvo estable entre 90 a 98%, comparándolo con los porcentajes iniciales de germinación.

En el **Perú** los principales bancos de germoplasma donde se almacena quinua cuentan con ambientes y/o habitaciones acondicionados para la conservación y sin equipos de enfriamiento, por lo general los ambientes se mantienen cerrados y la temperatura y humedad son bajas favorecidas por las condiciones climáticas propias de los lugares situados por encima de los 3000 m de altitud, por lo tanto es posible conservar de forma natural el material genético.

En la Universidad Nacional Agraria La Molina, el banco de germoplasma está ubicado en dos localidades, uno en San Lorenzo en el Departamento

de Junín, a 3200 msnm (en condiciones naturales propias del lugar), y en el Campus de La Molina donde se cuenta con dos cámaras frías con una capacidad de 19 m<sup>3</sup> con deshumecedores y termómetros. En este caso las accesiones se conservan a temperaturas de 4-5 °C y 60 a 70% de humedad relativa.

El banco de germoplasma de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno se encuentra ubicado en el Centro de Investigación y Producción de Camacani, en Platería – Puno (15°56'41" S, 69°51'30" W; 3824 msnm). Por su parte el banco de germoplasma del INIA Puno, se encuentra ubicado en la Estación Experimental Illpa (15°40'55" S, 70°04'29" W; 3815 msnm) (Bravo et al. 2010).

En el banco de germoplasma del INIA Puno se almacena la colección de quinua a corto y mediano plazo a temperatura ambiente (Bravo et al. 2010). Mientras que en el Campus de la UNALM el almacenamiento es a corto plazo, tanto en las cámaras frías como en ambientes con enfriamiento natural debido a que son colecciones activas en pleno proceso de incremento y evaluación. En ambos bancos, se utilizan envases de plástico o vidrio para almacenar las semillas.

En **Chile** son cuatro los bancos que conservan colecciones de quinua. El Banco Base del Centro Experimental Vicuña, ubicado en la Región de Coquimbo. Posee una cámara de almacenamiento de 330 m<sup>3</sup>, bajo condiciones controladas que funciona a – 18 °C, 20% humedad relativa de equilibrio y utiliza envases herméticos. Posee capacidad para almacenar 50.000 muestras de semillas. El banco activo del CRI<sup>15</sup> Carillanca (INIA) está ubicado en Temuco (Región de la Araucanía), posee una cámara de almacenamiento que funciona a – 5 °C, 40 a 45% humedad relativa y utiliza envases herméticos (Salazar et al. 2006; León-Lobos et al. 2012; Madrid et al. 2011).

El banco de germoplasma de la Universidad Arturo Prat está ubicado en Iquique (Región de Tarapacá), el almacenamiento se realiza a 4 °C. El banco de semillas Baer está ubicado en el Fundo 'El Hualle' (Región de la Araucanía), el almacenamiento de las semillas se realiza en un ambiente oscuro y a

temperatura y humedad ambiente, esta forma de almacenamiento no permite mantener las semillas en buen estado para su germinación ulterior (Salazar et al. 2006; Madrid et al. 2011).

### Avances en la caracterización y evaluación de quinua.

La caracterización y la evaluación son actividades importantes que consisten en describir las características cualitativas y cuantitativas de las accesiones útiles para discriminar entre ellas, diferenciarlas, determinar su utilidad, formar 'colecciones núcleo', identificar duplicados en la colección, así como también para intercambiar datos y aumentar su utilización. La información sobre estas características junto con los datos de pasaporte constituyen la información esencial para cada accesión, lo que permite a su vez, la creación de bases de datos, redes y plataformas regionales, nacionales e internacionales.

En **Bolivia** en los más de 45 años de existencia de la colección nacional de germoplasma de quinua, los trabajos de caracterización y evaluación centraron sus esfuerzos en el registro de información agromorfológica. En 1985 se publicó el primer catálogo de quinua del banco de germoplasma en la Estación Experimental de Patacamaya (Espindola y Saravia 1985) y en el 2001 se publicó el segundo catálogo (Rojas et al. 2001). Este último describe la variabilidad genética de 2701 accesiones de quinua a través de 59 variables cualitativas y cuantitativas. Si bien la información fue registrada en base al 'Descriptor de Quinua' publicado en 1981 por el IBPGR (actualmente Bioversity International), el catálogo incluye muchas más variables que fueron identificadas en los distintos trabajos que se realizaron desde la década de los 80' del siglo XX.

Posteriormente se hizo una nueva propuesta del 'Descriptores para Quinua' que fue validada entre investigadores de Ecuador, Perú y Bolivia (Rojas et al. 2003). Este documento, fue revisado por más de 50 expertos, de 40 organizaciones de 10 países y sirvió de base para la publicación de la lista actualizada de los 'Descriptores para Quinua y sus parientes silvestres' (Bioversity International et al. 2013). Cabe destacar que en esta versión revisada se incluyeron los parientes silvestres de quinua.

A partir del 2001 se iniciaron los trabajos de evaluación del valor nutritivo y de variables

<sup>15</sup> INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile

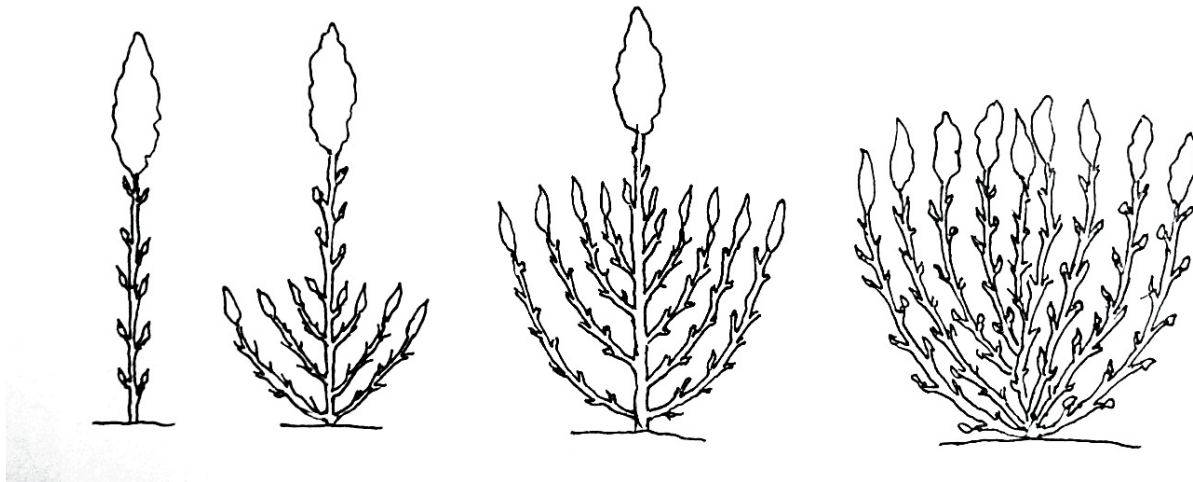


agroindustriales. Se registró información de 555 accesiones de quinua con el fin de incrementar su uso en la elaboración de productos transformados a base de quinua. Asimismo, se trabajó con la caracterización molecular de la mayoría de las accesiones de quinua (Veramendi et al. 2013). Se presentan a continuación los resultados más sobresalientes por grupos de variables de algunos parámetros y según el número de accesiones evaluadas (Bioversity International et al. 2013; Rojas y Pinto 2013).

#### *Variables agromorfológicas.*

En Bolivia se estudió la variabilidad morfológica y agronómica del germoplasma de quinua que se observa fenotípicamente durante el ciclo de cultivo. Se presentan a continuación los parámetros de algunas variables de interés (Rojas 2003; Rojas et al. 2009; Rojas y Pinto 2013; Bioversity International et al. 2013):

Hábito de crecimiento.-Apesar de que la ramificación y hábito de crecimiento son influenciados por la densidad de siembra, se pudieron identificar en la colección de quinua cuatro diferentes hábitos de crecimiento (Figura 9).



**Figura 9.** Hábitos de crecimiento de la quinua: 1 Simple, 2 Ramificado hasta el tercio inferior, 3 Ramificado hasta el segundo tercio y 4 Ramificado con panoja principal no diferenciada (Rojas y Pinto 2013; Bioversity International et al. 2013)

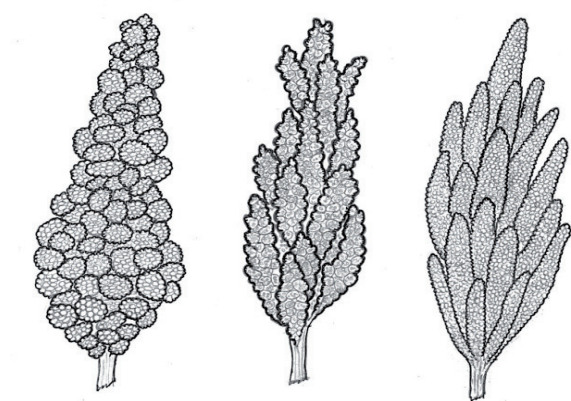
En la quinua la arquitectura de las plantas es muy variable, no solo entre variedades sino también a nivel intra-poblacional lo que dificulta la adaptación y/o diseño de prototipos para una mecanización de la cosecha y otras labores del cultivo que requiere mucha mano de obra. Por ello, es importante trabajar y seleccionar variedades tomando en cuenta el hábito de crecimiento, como es el caso del 'hábito 1' que corresponde a plantas que no desarrollan ramificación y el 'hábito 2' con ramas hasta el tercio inferior y que podrían muy bien adaptarse a labores mecanizadas. El 'hábito 3' por lo general corresponde a plantas de los valles interandinos, por su arquitectura de planta pueden ser una alternativa para uso como forraje y sus genes pueden contribuir a las zonas expansión del cultivo

en los valles y en lugares con mayor precipitación (Rojas y Pinto 2013).

Color de la planta.- Entre las etapas de 'despunte de panoja' y el 'inicio de floración' se expresan cuatro colores que son típicos en el cultivo de quinua: verde, púrpura, mixtura y rojo. Sin embargo, a medida que se forma el grano y se alcanza la madurez fisiológica, las plantas de quinua tienen diversos colores y combinaciones de colores: blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café, gris, negro, mixturas y verde silvestre.

Forma y densidad de la panoja.- Se han observado tres formas de panoja: 'amarantiforme', cuando los glomérulos están insertos directamente en el eje secundario y presentan una forma alargada;

‘glomerulada’ cuando los glomérulos están insertos en los llamados ejes glomerulados y presentan una forma globosa e; intermedia, cuando las panojas que expresan ambas características ‘amarantiforme y glomerulada’ (Rojas y Pinto 2013). Asimismo, la panoja puede ser laxa (suelta) o compacta, característica que está determinada por la longitud de los ejes secundarios y pedicelos, siendo compactas cuando ambos son cortos (Figura 10).



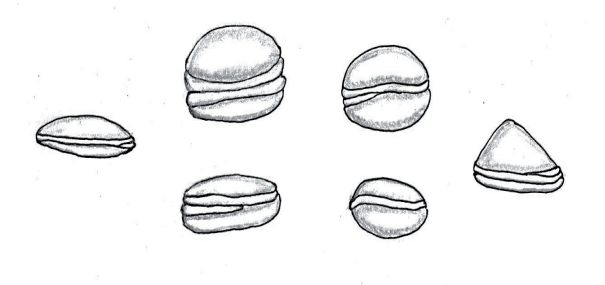
**Figura 10.** Forma de panoja: 1 Glomerulada, 2 Intermedia y 3 Amarantiforme (Rojas y Pinto 2013; Bioversity International et al. 2013)

Con el propósito de ilustrar mejor las formas de panoja, en la Figura 11 se muestran morfotipos de Quinua Real con panoja amarantiforme y glomerulada (Bonifacio et al. 2012). La forma de panoja que predomina en los morfotipos de Quinua Real es la amarantiforme.



**Figura 11.** Formas de panoja amarantiforme (izquierda) y glomerulada (derecha)

**Color y forma del grano.-** Cuando los granos de quinua alcanzan la madurez fisiológica expresan una amplia diversidad de colores, entre ellos: blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café claro, café oscuro, café verdoso y negro. En la colección nacional de quinua de Bolivia se han caracterizado 66 colores de grano (Cayoja, 1996).



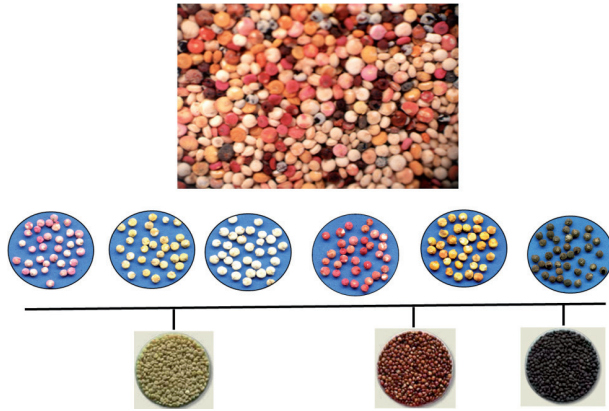
**Figura 12.** Formas de grano de quinua: 1 lenticular, 2 cilíndrica, 3 elipsoidal y 4 cónica (Rojas y Pinto 2013; Bioversity International et al. 2013)

Existen cuatro formas de grano de quinua (Figura 12). Las formas cilíndrica y lenticular (por el aspecto del endosperma), les convierte en granos que se puede explotar adecuadamente para la elaboración de productos que dependiendo de su contenido de amilosa y amilopectina, se pueden usar adecuadamente para flanes, budines e instantáneos, asimismo, dependiendo del diámetro de gránulo del almidón se pueden usar para la elaboración de expandidos y pipocas (Rojas y Pinto 2013).

En la Figura 13 se observa una amplia diversidad de formas, tamaños y colores de granos de quinua, sin embargo, al momento de comprar el producto en los mercados y ferias diferenciamos tres colores: quinuas blancas, quinuas cafés<sup>16</sup> y quinuas negras.

<sup>16</sup> Quinua café – En el mercado internacional es conocida como ‘Quinua Roja’





**Figura 13.** Diversidad de formas, tamaños y colores de grano de quinua comparado con los tres colores comerciales

Los granos de quinua tienen la particularidad de que luego de ser desaponificados adquieren estos tres colores comerciales, por tanto estamos consumiendo mezclas de variedades de quinua e

indirectamente estamos subutilizando el potencial genético que tiene el cultivo. El consumo de quinua tanto en los países de la región Andina como el de las exportaciones corresponde a materia prima y para alcanzar los volúmenes de demanda los agricultores y empresas acostumbran a mezclar un conjunto de variedades.

**Diámetro de grano.-** La variación del diámetro del grano varía desde 1.36 mm a 2.66 mm, disponiéndose de suficiente variabilidad que podría ser muy bien explotada a través del mejoramiento genético (Rojas 2003). Las quinuas con granos pequeños proceden principalmente del Altiplano Norte y de los Valles Interandinos, mientras que por el contrario las accesiones de grano grande tienen como centro de origen a las áreas del intersalar de Uyuni y Coipasa que corresponde al Altiplano Sur de Bolivia.

**Cuadro 1.** Parámetros estadísticos de tendencia central y dispersión para características cuantitativas del germoplasma de quinua de Bolivia

Componente	Mínimo	Máximo	Media	SD
Botón floral (días)	38	95	51,72	5,66
50% de floración (días)	60	145	93,5	12,04
Madurez fisiológica (días)	119	209	176,89	19,79
Índice de cosecha	0,06	0,87	0,4	0,12
Diámetro de tallo (mm)	10,16	26,26	17,12	2,66
Longitud de panoja (cm)	15,4	62,8	37,41	8,09
Diámetro de panoja (cm)	2,86	19,42	6,85	1,66
Altura de planta (cm)	54	174,2	110,84	17,51
Diámetro del grano (mm)	1,36	2,66	1,96	0,23
Peso de 100 granos (g)	0,12	0,6	0,27	0,08
Contenido de saponina (cc)	0	10,88	3,16	3,02

SD = Desviación estándar; Fuente: Rojas (2003)

Según el IBNORCA (2007), el grano de quinua por su diámetro se clasifica en cuatro categorías: tamaño 'extra grande' (mayores a 2,20 mm), tamaño 'grande' (1,75 a 2,20 mm), tamaño 'mediano' (1,35 a 1,75 mm) y tamaño 'pequeño' (menores a 1,35

mm). En la categoría 'extra grande' se encuentra la 'Quinua Real', cuya característica principal es el tamaño grande de sus granos siendo muy apreciada por el mercado internacional. La Quinua Real es un producto originario de Bolivia, cuya calidad

y reputación se debe exclusivamente al medio geográfico en el que se produce, incluyendo los factores naturales y humanos propios del Altiplano Sur (Rojas y Pinto 2013).

**Ciclo vegetativo.**- Es posible encontrar accesiones que alcanzan la madurez fisiológica en 119 días hasta aquellas que maduran en 220 días (Cuadro 1). Esta característica depende del genotipo. Las quinuas de los Valles Interandinos son más tardías que las del Altiplano. El amplio rango de variación del ciclo vegetativo es alentador para la adaptación del cultivo a la variabilidad de clima y cambio climático.

**Rendimiento de grano por planta.**- Se registraron rendimientos por planta de hasta 250 g, esta variable depende también del genotipo y también

de las variables consideradas componentes de rendimiento, como el diámetro del tallo, altura de planta, longitud y diámetro de la panoja, diámetro del grano, entre otras.

#### *Variables de valor nutritivo y agroindustrial.*

Un resumen de los parámetros estadísticos estimados para cada característica del valor nutritivo y agroindustrial de quinua se presenta en el Cuadro 2, los cuales están expresados sobre base seca (Rojas y Pinto 2006; Rojas et al. 2007; Rojas y Pinto 2008). Se puede observar que las accesiones muestran una amplia variabilidad para la mayoría de las características estudiadas, lo cual es un indicativo del potencial genético del germoplasma de quinua.

**Cuadro 2.** Características de valor nutritivo – agroindustrial y estadísticas simples del germoplasma de quinua de Bolivia (n = 555 accesiones)

Componente	Mínimo	Máximo	Media	SD
Proteína (%)	10,21	18,39	14,33	1,69
Grasa (%)	2,05	10,88	6,46	1,05
Fibra (%)	3,46	9,68	7,01	1,19
Ceniza (%)	2,12	5,21	3,63	0,50
Carbohidratos (%)	52,31	72,98	58,96	3,40
Energía (Kcal/100 g)	312,92	401,27	353,36	13,11
Granulo almidón ( $\mu$ )*	1	28	4,47	3,25
Azúcar invertido (%)*	10	35	16,89	3,69
Agua de empaste (%)*	16	66	28,92	7,34

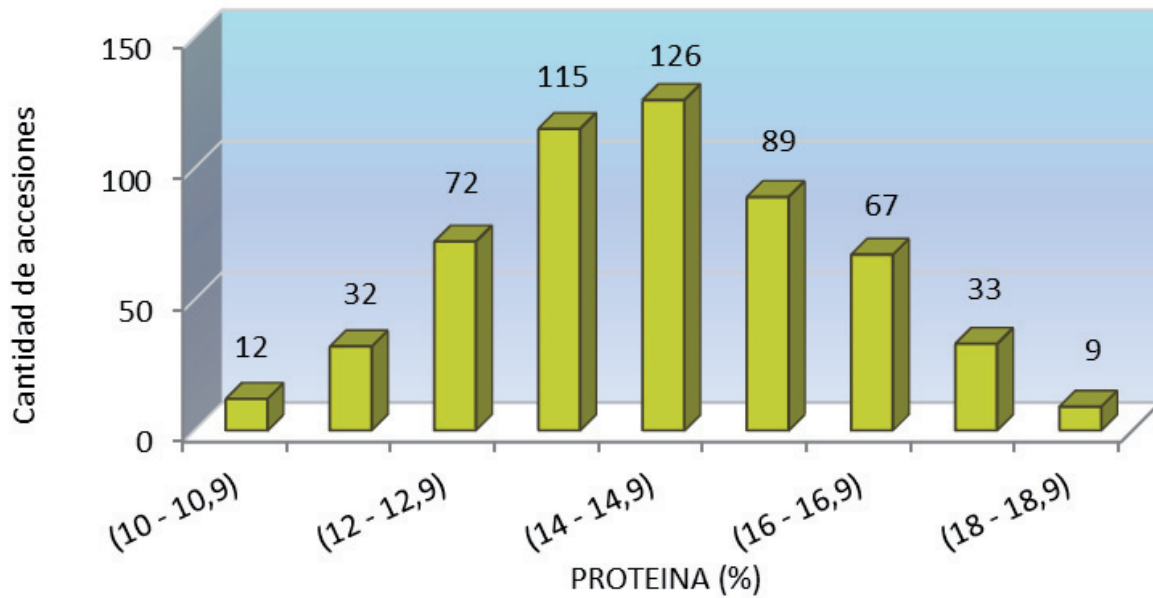
SD = Desviación estándar; Análisis realizado por LAYSAA, Cochabamba, Bolivia; \*(n=266)

Fuente: Rojas y Pinto (2013)

La cantidad de proteína fluctúa de 10,21 a 18,39% (Cuadro 2), estos valores son más amplios que el rango de 11,6 – 14,96% que reportan  $\beta$ o (1991) y Morón (1999) citados por Jacobsen y Sherwood (2002). Si bien la cantidad de proteína es un aspecto básico, la calidad es lo propio y depende del contenido de aminoácidos esenciales. La calidad de proteína de la quinua, es superior a las proteínas de los cereales.

La Figura 14 muestra la distribución de frecuencias

de variación en el contenido de proteína en una parte de la colección de quinua de Bolivia. Se puede observar que en la mayor cantidad de accesiones de quinua el contenido de proteína varía de 12 a 16,9%, mientras que existe un pequeño grupo de accesiones (42) cuyo contenido fluctúa entre 17 a 18,9%. Este último grupo constituye una fuente importante de genes para impulsar el desarrollo de productos con altos contenidos de proteína.



**Figura 14.** Variación del contenido de proteína de 555 accesiones de quinua

En estas accesiones el contenido de grasa fluctúa entre 2,05 a 10,88% con un promedio de 6,39% (Cuadro 2). El rango superior de estos resultados es mayor al rango de 1.8 a 9.3% que reportan *Bo, 1991* y *Morón, 1999* (citados, *Jacobsen y Sherwood, 2002*), quienes indican, que el contenido de grasa de la quinua tiene un alto valor debido a su alto porcentaje de ácidos grasos no-saturados. Se espera que estos valores de quinua sean útiles para la obtención de aceites vegetales finos, para el uso culinario y para el cosmético.

La variación genética del tamaño de gránulo de almidón fluctuó entre 1 a 28  $\mu$ . Esta variable permite dar una orientación agroindustrial para realizar las distintas mezclas con cereales y leguminosas para establecer el carácter funcional de la quinua. Es muy importante que el gránulo de almidón sea pequeño, para facilitar el proceso de texturizado y es fácil de insuflar porque los espacios de gránulo a gránulo permiten introducir mayor cantidad de aire para el intercambio y formación de burbujas de aire (*Rojas et al. 2007*).

El contenido de azúcares invertidos varía de 10% hasta 35%. Esta variable expresa la cantidad de azúcar que inicia la fermentación por el desdoblamiento o inversión, vale decir, el parámetro para determinar la calidad de los carbohidratos, además que es un parámetro importante por el que se puede clasificar

a la quinua como alimento apto para diabéticos. El porcentaje óptimo del contenido de 'azúcar invertido' es  $\geq$  a 25%. Las accesiones analizadas cumplen esta condición y tienen aptitudes para ser usadas en mezclas con harinas para procesar panes, cereales, etc. (siempre y cuando se elimine toda la saponina del exterior del grano).

La variable 'porcentaje de agua de empaste' muestra un rango de variación de 16 a 66%. Esta variable mide la capacidad de absorción de agua del almidón para los procesos de elaboración de pastas, panificación y bollería. El valor ideal para este parámetro en aplicación industrial es  $\geq$  a 50%. Considerando esta característica, el germoplasma de quinua también se constituye en una fuente importante de genes para desarrollar este tipo de productos.

El incorporar el concepto de 'diversidad genética' en la elaboración de productos transformados permitirá usar en forma apropiada el potencial genético que tiene la quinua. Es posible seleccionar y obtener: variedades con porcentajes de proteína más altos ( $\geq$  18%) y lograr productos más atractivos; variedades con diámetros de gránulo de almidón pequeños ( $\leq$  a 3  $\mu$ ) para obtener pipocas<sup>17</sup> espléndidas y homogéneas; variedades

<sup>17</sup> Pipocas – grano insuflado, conocido también como 'pop'

con porcentajes estables de amilosa y amilopectina para la elaboración de flanes, papillas gelatinizadas, cremas instantáneas, fideos, entre otros. Esta forma de aprovechar y usar la quinua va en paralelo con la conservación y uso de la diversidad genética.

#### *Caracterización molecular.*

En la colección boliviana, entre los años 2004 a 2008 se logró caracterizar el 86% (2.701 accesiones) del germoplasma, que permite tener la huella genética de cada accesión de quinua. Asimismo, utilizando la información generada se puede agrupar y diferenciar accesiones similares a nivel molecular. Para la caracterización se utilizaron 17 iniciadores (primers) de tipo microsatélite y marcadores ISSR. El contenido de información polimórfica (PIC) para la colección de quinua, presentó valores entre 0.73 a 0.95 con un promedio de 0.84, resultando todos los marcadores altamente polimórficos (Veramendi et al. 2013). Los microsatélites QAAT074, QAAT076

y QAAT022 resultaron ser los más polimórficos y con valores superiores a los reportados por Mason et al. (2005) y Maughan et al. (2004).

En el **Perú** se han caracterizado y evaluado las 2.089 accesiones en la colección de la Universidad Nacional Agraria La Molina, utilizando los Descriptores de Quinua del IBPGR (1981). A continuación se describen los siguientes grupos de características:

#### *Variables morfológicas.*

En el Cuadro 3 se muestra la variación de los caracteres morfológicos más importantes que fueron registrados en la colección de quinua de la UNALM, lo cual permitió encontrar variantes en todos los caracteres morfológicos. Para el registro de los colores, se empleó la tabla de colores para tejidos vegetales de la Royal Horticultural Society de Inglaterra. En el grano, la evaluación de colores se efectuó en el pericarpio (cubierta del fruto) y en el epispermo (cubierta de la semilla) de quinua.

**Cuadro 3.** Variación de caracteres morfológicos de la colección de quinua de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)

Caracteres morfológicos	Perú (UNALM) ***
Color de las hojas antes de la floración	Verde, púrpura, mezcla, rojo
Color de las axilas de las hojas	Verde, púrpura, rojo, rosado
Color de estrías del tallo	Amarillo, verde, púrpura, rosado, rojo
Color de la inflorescencia a la madurez fisiológica	Amarillo-verdoso, amarillo, marrillo-naranja, naranja, naranja-rojo, rojo, rojo-púrpura, púrpura, púrpura-violeta, violeta, violeta-azul, blanco, blanco-gris, blanco-amarillo, blanco-naranja, gris-amarillo, gris-naranja, gris-rojo, gris-púrpura, gris-verde, gris-marrón, marrón, gris, negro
Forma de inflorescencia	Amarantiforme, glomerulada e intermedia
Densidad de inflorescencia	Compacta, intermedia, laxa
Color del Pericarpio - semillas (cubierta del fruto)	amarillo, amarillo-naranja, naranja, naranja-rojo, rojo, rojo-púrpura, blanco, blanco-amarillo, blanco-naranja, gris-amarillo, gris-naranja, gris-rojo, gris-púrpura, gris-verde, gris-marrón, marrón, gris, negro
Color del episperma- semillas (cubierta de la semillas)	amarillo, amarillo-naranja, naranja, rojo-púrpura, púrpura, blanco, blanco-amarillo, blanco-naranja, blanco-gris, gris-amarillo, gris-naranja, gris-púrpura, marrón, negro

Fuente: Gómez y Eguiluz (2011)

### Variables agronómicas.

Las variables evaluadas, incluyen: la floración, que corresponde al número de días desde la emergencia de las plántulas del suelo hasta 50% de plantas con la primera flor; la maduración, que corresponde al número de días desde la emergencia de las plántulas hasta 50% de plantas con tallos secos y granos en estado pastoso duro; la altura de planta, que fue medido desde la superficie del suelo hasta el ápice de las inflorescencias en el estado de madurez y expresado en centímetros.

En general en la evaluación se apreció una

predominancia de accesiones más precoces y de menor altura en las accesiones procedentes del Altiplano (Puno) y una mayor predominancia de tardías y altas en las otras localidades representativas de los Valles Interandinos (Gómez y Eguiluz 2011). Sin embargo, al agrupar las accesiones por origen geográfico (Cuadro 4) no se distingue un patrón claro de diferenciación entre localidades, al considerar los descriptores altura de planta y días a la floración y maduración. Esto puede ser producto del intercambio de accesiones entre las estaciones experimentales y los agricultores.

**Cuadro 4.** Rango de variación de caracteres agronómicos altura de planta, días a floración y maduración del grano en la colección de quinua de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)

Localidades	Nº Accesiones	Altura (cm)	Floración (días)	Maduración (días)
Ancash	131	90 – 240	70 - 115	170 - 215
Apurímac	140	125 – 240	58 -110	170 - 210
Arequipa	17	64 – 140	85 - 115	170 - 220
Ayacucho	4	89 – 126	60 - 65	160 - 180
Cajamarca	46	77 – 165	55 - 110	150 - 215
Cusco	275	52 – 176	50 - 115	140 - 200
Junín- Huancavelica	6	75 – 141	68 - 80	160 - 190
Puno 2	1434	36 – 185	50 - 98	115 -185
Puno 1	138	75 – 205	46 - 80	130 - 175

Fuente: Gómez y Eguiluz (2011)

En la evaluación del comportamiento del germoplasma frente al mildiu, que es la enfermedad más importante de la quinua causada por el hongo *Peronospora variabilis*, se utilizó la escala propuesta por Solveig y Ames (2000). En el Cuadro 5 se presenta un consolidado de la reacción de las accesiones al mildiu en condiciones del Valle de Mantaro – Junín, considerado como una zona con

alta incidencia de esta enfermedad. No se encontró en esta colección una resistencia total o cualitativa al hongo. Por lo tanto se seleccionó por resistencia parcial o cuantitativa identificándose por el porcentaje de severidad y desarrollo reproductivo del patógeno algunas accesiones valiosas para el programa de mejoramiento.

**Cuadro 5.** Rango de variación de la respuesta a la presencia de mildiu (*Peronospora variabilis*) de 2.089 accesiones de quinua en condiciones del Valle del Mantaro – Junín, Perú.

Departamentos	Nº de accesiones Evaluadas	Rango de Variación (%)	Nº de accesiones Evaluadas con resistencia parcial
Puno	1466	10 - 100	74
Cajamarca	39	40 - 90	0
Arequipa	17	80 - 90	0
Ancash	131	20 - 90	14
Junín	6	30 - 60	1
Huancavelica	1	30	1
Ayacucho	4	40- 60	0
Apurimac	150	20 - 90	18
Cusco	275	30 - 90	12
Total	2089	10 - 100	120

Fuente: Gómez y Eguiluz (2011) *Variables de calidad del grano*.

las 2.089 accesiones de la colección de germoplasma de la UNALM se han caracterizado 953 accesiones por los caracteres granulometría, proteína y saponina.

Para la granulometría, se realizó la clasificación de las accesiones de acuerdo al tamaño del grano, para ello se emplearon mallas con perforaciones con diámetros de 1,4 mm (granos pequeños), 1,7 mm (granos medianos) y 2,2 mm (granos grandes).

Para evaluar la saponina, se aplicó la metodología desarrollada en base a la propuesta de Koziol (1990),

modificado por Balsamo (2002). Koziol (1990) estableció en 0.11% (b.h) el umbral de detección del amargor debido a la saponinas en quinua; por lo que accesiones de quinua con contenidos de saponina menores pueden llamarse dulces (0.7cm altura de espuma) y las quinuas muy amargas sobrepasan los 6.6 cm de altura de espuma que equivale a 1.69 % (b.s.) de saponina.

En el Cuadro 6 se presenta la información generada de estos tres descriptores asociados a la calidad. Considerando el contenido de saponina las quinuas fueron agrupadas en dulces (0) y amargas (1) (Gómez y Eguiluz, 2011).

Localidades	Nº Accesiones	T a m a ñ o (diámetro mm)	Proteína (%)	S a p o n i n a 0=dulce 1= amargo)
Apurímac	145	1.2-1.7	10.3 -16.7	0 -1
Ayacucho	3	1.4	13.1-13.9	1
Cajamarca	12	1.4 -1.7	13.2-14.9	0 -1
Ancash	127	1.2 -2.2	10.3-16.5	0 -1
Cusco	133	1.4 -1.7	13.3 -18.6	0 -1
Junín	3	1.4	14.1-14.3	0 -1
Puno 1	138	1.4-1.7	7-24.4	0 -1
Puno 2 Amargas	220	1.4 -2.2	7.9 -23.7	1
Puno 2 Dulces	172	1.4 -1.7	7.1 - 23.2	0



La Universidad Nacional del Altiplano de Puno, tiene caracterizada 1.029 accesiones usando ocho descriptores fenotípicos (color de tallo, días a la floración, tipo de inflorescencia, color y longitud de inflorescencia, altura de la planta, biomasa y rendimiento del grano). En base a estos caracteres se formó la 'colección núcleo' conformada por 103 accesiones que contienen ecotipos y variedades nativas que representan gran parte de la variación de la colección de germoplasma (Ortiz et al. 1988).

El INIA Puno caracterizó 536 accesiones de quinua (68%) aplicando los descriptores de color de la planta, tipo de inflorescencia, daños por heladas y rendimiento de grano. Los resultados evidencian que el color de la planta (verde, rosado y púrpura) se observa en 149 accesiones. El tipo de inflorescencia predominante es glomerulada con 380 accesiones, 21 son amarantiformes y 135 intermedias. Se identificaron 91 accesiones tolerantes a heladas. El rendimiento del grano tiene una amplia variación (Bravo et al. 2010).

En **Chile**, a la fecha existe caracterización agronómica para 28 accesiones de la colección de la UNAP utilizando 11 descriptores morfológicos y de productividad, (Fuentes y Bhargava 2011). Esta caracterización se realizó a baja altitud, en la Estación Experimental Canchines, de la UNAP (20°26.562'S, 69° 32.197'W, 1005 msnm), cerca de Iquique. Por otro lado, la colección de quinua del Banco Base de Semillas de INIA, fue regenerada y caracterizada el año 2013 y se está en etapa de procesamiento de la información (P. León-Lobos, datos no publicados).

Asimismo se ha evaluado la diversidad genética de las 28 accesiones de la UNAP más 31 accesiones de zonas de baja altitud provenientes de diversos bancos de germoplasma, utilizando marcadores microsatélites (Fuentes et al. 2009). Este estudio logró detectar 150 alelos entre las accesiones de quinua evaluadas, con un promedio de 7,5 alelos por locus. El análisis de componentes principales logró separar las accesiones en 2 grupos discretos, uno conteniendo las accesiones del altiplano y el otro las accesiones de las zonas costeras de baja altitud.

## Procedimientos para la regeneración y multiplicación de las accesiones

En general, aunque las semillas se encuentren almacenadas en las condiciones más óptimas, con el transcurso del tiempo van disminuyendo tanto en su cantidad (por el uso y distribución) como en su porcentaje de germinación. Según Jaramillo y Baena (2000) si el objetivo es llevar las muestras de semillas a un tamaño óptimo, hablamos de 'multiplicación' y si el objetivo es recuperar la germinación hablamos de 'regeneración o rejuvenecimiento'. Es un procedimiento rutinario que forma parte del manejo de un banco de germoplasma, las accesiones cuando caen bajo un umbral de calidad (FAO 2013) y cantidad, deben ser regeneradas y multiplicadas.

En **Bolivia**, en la colección del INIAF, previamente a la regeneración, se realiza el monitoreo a través de pruebas de germinación para conocer el porcentaje de germinación de las semillas, siguiendo los procedimientos establecidos por el ISTA (1993). Las últimas pruebas de germinación de las semillas se han realizado desde el 2010 hasta el 2012 correspondiente a 2.675 accesiones con el fin de monitorear el comportamiento de las accesiones de quinua y de esta forma en base a los resultados planificar la regeneración del germoplasma. En el año 2010 se analizaron 200 accesiones, de las cuales el 31% de las accesiones sus porcentajes de germinación fueron  $\leq$  a 80 y el 69% sus porcentajes de germinación fueron mayor a 80% (Cuadro 7).

En los años 2011 y 2012 se analizaron 2475 accesiones, donde se puede observar que los porcentajes de germinación fueron  $\leq$  a 80 en el 70.11 y 79.40% de las accesiones, respectivamente y los porcentajes de germinación fueron mayores a 80% en el 20.89 y 20.60% de las accesiones, respectivamente (Cuadro 7). En base a estos resultados se vienen programando los trabajos de regeneración, considerando al mismo tiempo las zonas de origen de las accesiones. En cuanto a la cantidad de semilla, se ha determinado el nivel de 60 gramos de quinua para cubrir la cantidad mínima permisible y como parámetro para hacer la multiplicación (Rojas y Bonifacio 2001).

**Cuadro 6. Ocurrencia de semillas germinadas de accesiones de quinua del INIAF, Bolivia.**

Año	País	Semillas germinadas				Total	
		≤ 80 (%)		> 80 (%)			
		Accesiones	%	Accesiones	%	Accesiones	%
<b>2010</b>	04 Bolivia	62	31.00	138	69.00	200	100.00
<b>2011</b>	02 Ecuador	5	62.50	3	37.50	8	100.00
	03 Perú	192	55.81	152	44.19	344	100.00
	04 Bolivia	617	75.89	196	24.11	813	100.00
	05 Chile	9	60.00	6	40.00	15	100.00
	06 Argentina	9	90.00	1	10.00	10	100.00
	07 México	1	50.00	1	50.00	2	100.00
	11 Sin dato	18	78.26	5	21.74	23	100.00
	No identificado	3	100.00	0	0.00	3	100.00
	<b>Total</b>	<b>854</b>	<b>70.11</b>	<b>364</b>	<b>29.89</b>	<b>1218</b>	<b>100.00</b>
<b>2012</b>	02 Ecuador	8	61.54	5	38.46	13	100.00
	03 Perú	85	76.58	26	23.42	111	100.00
	04 Bolivia	891	79.84	225	20.16	1116	100.00
	05 Chile	1	100.00	0	0.00	1	100.00
	07 México	1	50.00	1	50.00	2	100.00
	08 Sin dato	2	100.00	0	0.00	2	100.00
	09 Sin dato	1	50.00	1	50.00	2	100.00
	10 Sin dato	2	100.00	0	0.00	2	100.00
	No identificado	7	87.50	1	12.50	8	100.00
	<b>Total</b>	<b>998</b>	<b>79.40</b>	<b>259</b>	<b>20.60</b>	<b>1257</b>	<b>100.00</b>
<b>Total</b>		<b>1914</b>	<b>71.55</b>	<b>761</b>	<b>28.45</b>	<b>2675</b>	<b>100.00</b>

En el **Perú**, en el banco de germoplasma de la UNALM la regeneración de las semillas se realiza cada 4 a 5 años. Este periodo ha sido determinado en función al efecto de las condiciones de almacenamiento en el poder germinativo de la quinua, la cual pierde muy fácilmente la capacidad de germinación por las condiciones climáticas donde se conserva.

La multiplicación de las accesiones se realiza en el Campus de La Molina que está ubicado en condiciones de sierra a 3200 msnm en grupos pequeños para facilitar el aislamiento. El objeto principal de la multiplicación es incrementar la cantidad de semilla para estudios posteriores de adaptación y rendimiento en diferentes localidades y profundizar los estudios de calidad que incluyen en algunos casos pruebas destructivas.

Los cuidados que se toman en cuenta para evitar la contaminación genética y física de las accesiones, las siembras de regeneración y/o multiplicación se realizan en grupos pequeños y manejables que se

intercalan con accesiones de amaranto, maíz, avena o centeno, asimismo y cuando la situación exige se cultivan en total aislamiento.

#### **Sistemas de documentación que se aplican en el manejo de germoplasma de quinua.**

La actividad de registrar, organizar y analizar datos de conservación se denomina documentación y es fundamental para conocer el germoplasma y tomar decisiones sobre su manejo. El valor del germoplasma aumenta a medida que se le conoce; de ahí la importancia de que esté bien documentado (Jaramillo y Baena 2000).

Las accesiones tendrán mayores posibilidades de uso en la medida que se disponga de información que describa sus características y su potencial genético. Una accesión no puede considerarse como tal si no se dispone de información, por ello es importante documentar la información de manera sistemática con el mayor detalle posible.

En **Bolivia**, en la colección de quinua del INIAF, la información del germoplasma se documenta con un sistema manual y uno electrónico. Los grupos de datos en los que se encuentra organizada la información del germoplasma de quinua son los siguientes: a) datos de pasaporte y recolección, b) datos de caracterización y evaluación y, c) datos de manejo.

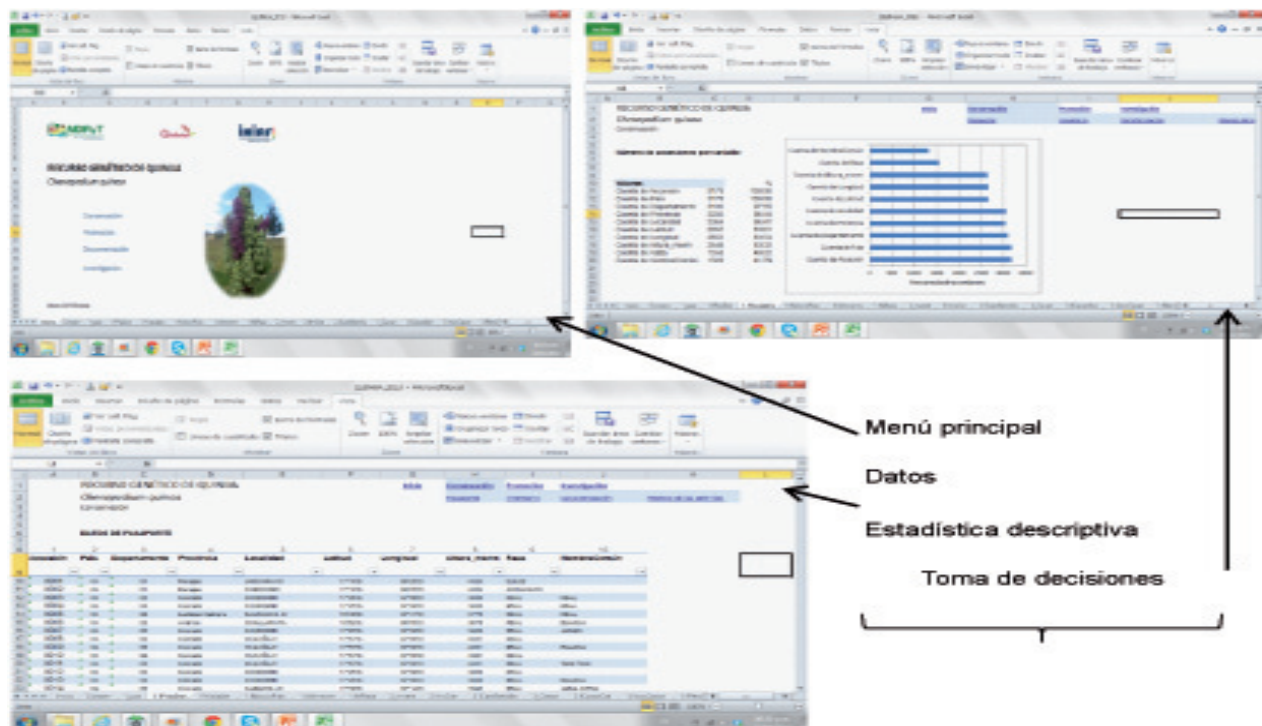
El sistema electrónico está organizado en diferentes bases de datos. En el sistema pcGRIN que fue facilitado por el IPGRI (Hoogendijk y Franco 1999), se encuentran documentadas 2701 accesiones de quinua con la siguiente información: datos de pasaporte, datos de colaboradores, datos geográficos, datos taxonómicos y datos de caracterización y evaluación (Rojas y Quispe 2001).

En Microsoft Excel se tiene organizada la información en matrices de doble entrada, la base de datos es interactiva bajo la estructura de un flujo de información, apoyada con tablas dinámicas y menús para consultas rápidas, se genera estadística descriptiva de datos de inventario, pasaporte y viabilidad que permiten tomar decisiones prácticas (Figura 15).

Finalmente, se tiene un avance parcial en el sistema DBGermo desarrollado por el INTA de Argentina donde está organizada la información de datos de pasaporte, de caracterización y evaluación de la colección de germoplasma de quinua del INIAF.

En el **Perú** la colección de germoplasma de quinua de la Universidad Nacional Agraria La Molina tiene organizada una base de datos tomando en consideración los datos de pasaporte y descriptores para quinua publicados por el IBPGR (1981). Para el análisis estadístico de la información se aplica el programa NTSYS Spc2.1 (Numerical Taxonomy System).

En **Chile** las instituciones que manejan bancos de germoplasma y colecciones de trabajo, registran la información combinadamente en forma manual y computarizada (básicamente el uso de soportes electrónicos como las planillas Excel). Los bancos de germoplasma del INIA se encuentran implementando el Grin-Global, como base de datos curatorial. Los datos de pasaporte de la colección de quinua del INIA están ingresados en este sistema informático y puede ser consultada en línea.



**Figura 15.** Base de datos en Microsoft Excel de la colección de quinua del INIAF, Bolivia

## Experiencias y vínculos con trabajos de conservación *in situ*.

Los Andes constituyen uno de los sistemas montañosos más importantes del mundo, esta gran ecoregión contiene muchos nichos especiales con gran cantidad de asociaciones de plantas. Estas características propias de la región han permitido el desarrollo de la mayor diversidad genética de quinua tanto silvestre como cultivada y que todavía se encuentra en condiciones naturales y en campos de cultivo de los agricultores andinos.

En la región Andina es posible encontrar zonas agroecológicas que albergan una importante diversidad y variabilidad de quinua con características propias en cuanto a sus rasgos botánicos, agronómicos y de adaptación del cultivo. Asimismo, en estas zonas se han desarrollado sistemas propios de producción según las diferentes condiciones agroecológicas y albergan a Quinuas de los Salares, Quinuas del Altiplano, Quinua de los Valles Interandinos, Quinuas de nivel de mar y Quinuas de los Yungas (Lescano 1989; Tapia 1990; Rojas y Pinto 2013).

La conservación *in situ* se define como el mantenimiento de los recursos fitogenéticos en su hábitat natural y sus formas silvestres (Oldfield y Alcorn 1987; Brush 1991; Friis-Hansen 1994). Sin embargo, los sistemas tradicionales de cultivo, las chacras o fincas, a través de los cuales los agricultores tradicionalmente conservan la diversidad de cultivos, son también considerados espacios locales de conservación *in situ* de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación.

Los campos de cultivo tradicionales son una 'mina de germoplasma' donde se mantienen variedades tradicionales y donde la naturaleza realiza su trabajo de selección natural asociada a las tradiciones agrícolas campesinas de reproducción de semillas. Los conocimientos tradicionales son un componente determinante de la diversidad biológica agrícola existente y son las comunidades rurales las responsables de su existencia y evolución. Los conocimientos sobre los cultivos, el uso de alimentos, el arte culinario asociado a estos, las tecnologías e infraestructura de manejo agrícola, el clima local, etc. son tan importantes como los propios recursos genéticos.

En esta forma de conservación *in situ* las familias campesinas desempeñan un rol importante, en donde interactúan una serie de factores externos e internos que inciden en la decisión de ellos para continuar sembrando o no una determinada variedad y/o cultivo. Son dinámicas locales que se dan en aquellos territorios que albergan una amplia diversidad de cultivos y variedades, y donde el manejo permanente de las diferentes variedades locales que realizan las familias va a conferir una dinámica evolutiva de adaptación a las condiciones ambientales, sociales y económicas de los materiales sembrados.

Si bien la conservación *ex situ* es un modelo que opera a través de bancos de germoplasma que han sido conformados con el material biológico proveniente de diversas prospecciones realizadas *in situ* y en fincas, es muy difícil que los bancos de germoplasma posean el mismo material que existe *in situ* por varias razones (Wood y Lenné, 1997). Por un lado, la diversidad local está en permanente evolución y las accesiones entregadas a los bancos de germoplasma corresponden a una fotografía o imagen de una situación en un tiempo determinado o época. Por otro lado, los lugares con una grande diversidad geográfica donde se cultiva la quinua no han sido prospectados con la misma metodología para representar la variabilidad de una determinada región, y del país, en los bancos de germoplasma (Madrid et al. 2011).

La alta diversidad genética de la quinua proviene de una amplia diversidad geográfica que se junta a una diversidad de prácticas y sistemas agrícolas (Bazile y Negrete 2009; Fuentes et al. 2012). La comprensión y dimensión de esta diversidad no solo tiene que ser considerada para recolectar la diversidad genética de quinua sino también para mantenerla como soportes de la diversidad del cultivo para su conservación *in situ* (Louafi et al. 2013), en particular a través de las redes que favorecen y generan esta biodiversidad (Santonieri et al. 2011).

Para favorecer la conservación *in situ* de la quinua, se han desarrollado iniciativas de apoyo a nivel de Los Andes. Por ejemplo en **Bolivia**, desde el 2002 se realizaron los primeros trabajos de conservación *in situ* con quinua en el área circundante al lago Titicaca, se estudió el número de variedades que se conservaban localmente en los sistemas tradicionales de manejo. Los resultados mostraron



una disminución de hasta el 70% de la diversidad conservada localmente en comparación a la diversidad que se resguarda en el banco de germoplasma (Pinto et al. 2006; Pinto et al. 2007; Rojas et al. 2003b). Subsiguientemente, estudios de caso mostraron de forma preliminar cómo los factores internos y factores externos estaban influenciando en las familias para seguir o no sembrando variedades de quinua (Alanoca et al. 2004).

Como parte de la relación *exsitu-in situ*, desde el 2003 se realizaron anualmente trabajos de evaluación participativa con quinua incluyendo material del banco y variedades locales. Se organizaron ferias de diversidad de semillas y para promover el uso diversificado de quinua (Pinto et al. 2010). Se promovieron visitas de agricultores al banco de germoplasma, como así también la participación de personal del banco en diferentes ferias rurales y urbanas. De esta forma, los ‘bancos comunitarios de semillas de quinua y cañahua’ surgieron en el marco del Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Agricultura y la Alimentación (SINARGEAA) y se implementaron en las comunidades Antarani, Patarani, Coromata Media y Rosapata, cercanas al Lago Titicaca (Rojas et al. 2012).



Desde el 2011, se encuentra en proceso la conformación de una red de ‘agricultores custodios’ y la implementación de ‘bancos comunitarios de semillas’ en ocho comunidades (Cachilaya, Coromata Media, Antaquira, Pucamaya, Erbenkalla, Rosa Pata, Corqueamaya y Suruquiña) cercanas al lago Titicaca como parte de una estrategia para la documentación y monitoreo participativo de la agrobiodiversidad y sus conocimientos tradicionales. Esta experiencia tiene el enfoque de agrobiodiversidad, centra los esfuerzos en conocer y atender la diversidad inter e intra específica de cultivos útiles para la alimentación, la medicina y otros usos. Asimismo, incluye el desarrollo de un nuevo método sobre una lista roja para especies cultivadas (Padulosi et al. 2012).

Por otra parte, la colección de quinua a cargo del INIAF se encuentra vinculada a dos microcentros del área circundante al Lago Titicaca y que están ubicados en la comunidad de Cachilaya (Provincia Los Andes) y la comunidad de Titijoni (Provincia Ingavi) del Altiplano Norte de La Paz (Figura 16). En estos microcentros se realizan trabajos de conservación *in situ* que incluyen monitoreo y caracterización de la diversidad genética de cultivos y variedades que conservan las familias, tomando en cuenta las dinámicas locales e interacciones con y su entorno.



**Figura 16.** Microcentros: Titijoni (izquierda) y Cachilaya (derecha), Departamento de La Paz, Bolivia

La conservación *in situ* en **Perú** se realiza mayormente en Puno, mediante el cultivo anual de la quinua en las *Aynokas* o zonas donde comparte espacio con sus parientes silvestres. Este manejo tradicional se realiza con muchos objetivos, principalmente, asegurar la alimentación de la familia y de la comunidad y manejar en forma adecuada la diversidad del cultivo, de las plagas y enfermedades; especialmente a través de un sistema de rotación y la ubicación del cultivo en diferentes pisos altitudinales (Ichuta y Artiaga 1986).

Mujica y Jacobsen (2000) señalan la presencia de sistemas donde la quinua y sus parientes silvestres son preservados recibiendo diferentes nombres como *mandas* y *laymes*. También los parientes silvestres se encuentran creciendo en forma aislada en los bordes de los campos de cultivo o en lugares considerados sagrados (Casa de los Gentiles o *Phiru*), estas especies son apreciadas por los agricultores por su uso alimenticio (hojas - hortícola o granos - tostados), valor medicinal o por su uso en rituales ancestrales, especialmente en épocas de desastres climáticos.

### Conclusiones.

Los recursos fitogenéticos de quinua son esenciales para la seguridad y soberanía alimentaria y nutricional de los pueblos y contribuyen significativamente a las necesidades básicas de la humanidad. Ellos son parte del patrimonio ancestral y cultural de los países, especialmente para los países de la zona Andina, y por lo tanto su conservación y uso sostenible es responsabilidad de la sociedad entera.

En general, en los países andinos las políticas no son claras en materia de conservación de los recursos fitogenéticos, y en particular, para la conservación *ex situ* de las colecciones de germoplasma de quinua. Los bancos desarrollan sus actividades según los objetivos o intereses de la institución a cargo y muchas veces según los intereses de los investigadores. No se debe escatimar ningún esfuerzo al momento de asignar presupuestos pues se trata de recursos tan valiosos que se deben transmitir de generación en generación para el respaldo de nuestra propia existencia como especie humana.

La diversidad genética de quinua conservada *ex*

*situ* en los diferentes países es relativamente amplia considerando el número de accesiones en las colecciones y su origen eco-geográfico. Más del 88% de esta diversidad se encuentra en los bancos de la región Andina. A pesar de esta concentración que podría facilitar el aprovechamiento de estos recursos, el nivel de utilización de las colecciones es inadecuado y muy por debajo de su potencialidad.

A pesar del esfuerzo realizado, no todos los bancos de germoplasma de la región Andina que conservan quinua tienen condiciones óptimas de almacenamiento para asegurar la conservación a mediano y largo plazo de este germoplasma. Se debe avanzar en la adopción de tecnologías que permitan optimizar la conservación de las colecciones de quinua en forma eficiente y segura, de esta forma racionalizar los recursos invertidos en la mantención de las colecciones y alcanzar los estándares internacionales para el manejo de germoplasma.

Se debe hacer el esfuerzo en desarrollar o adaptar protocolos y procedimientos que permitan optimizar el manejo de las colecciones de quinua. Esto permitiría, además de optimizar y racionalizar el manejo del banco, potenciar el uso del germoplasma y la vinculación entre bancos de germoplasma y también con los potenciales usuarios del germoplasma conservado.

En general, las bases de datos en donde se registra la información que generan los bancos es muy restringida al personal del banco, ya que todos no tienen acceso en línea, por lo que la divulgación de sus datos solo es a través de informes técnicos, publicaciones científicas y en algunos casos a través de catálogos de germoplasma. Salvo para el caso de INIA – Chile, no existen sitios web públicos con la información mínima de las accesiones de quinua que se conservan en los bancos de germoplasma.

Son pocas las iniciativas que vinculan las actividades de los bancos de quinua con el trabajo de conservación *in situ* que realizan las familias de agricultores, es importante que el enfoque de trabajo sea de manera complementaria entre el trabajo *ex situ* y el *in situ* porque las desventajas de uno se compensan con las ventajas del otro componente de conservación, pues es especialmente el material que se conserva *in situ* el que contiene genes importantes para el mejoramiento.



Se advierte la necesidad de desarrollar protocolos y/o listas de descriptores *in situ* para registrar la agrobiodiversidad que se maneja en los sistemas tradicionales de cultivo y principalmente involucrar a los miembros de la comunidad para llevar a cabo este trabajo en coordinación con actores locales como los municipios y otras organizaciones.

En Bolivia a la cabeza del INIAF se está iniciando la conformación de un Sistema Nacional de Recursos Genéticos, que contempla la participación de los diferentes actores del país que trabajan con conservación *ex situ* e *in situ*, incluyendo a las organizaciones de agricultores.

### Referencias.

- Alanoca, C., J. Flores, J.L. Soto, M. Pinto y W. Rojas. (2004). Estudios de caso de la variabilidad genética quinua en el área circundante al Lago Titicaca. Informe Anual 2003/2004. Proyecto McKnight "Producción sostenible del cultivo de la quinua". Fundación PROINPA. 7 p.
- Anabalón Rodríguez L. & Thomet Isla M. (2009). Comparative analysis of genetic and morphologic diversity among quinoa accessions (*Chenopodium quinoa* Willd.) of the South of Chile and highland accessions. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 1, 210 – 216.
- Argentina MNII (2013). Mecanismo Nacional de Intercambio de Información sobre los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.pgrfa.org/gpa/arg>
- Balsamo Milko. (2002). Desarrollo y evaluación de un método afrosimétrico mecánico para la determinación de saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)". Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Barriga, P., R. Pessot y R. Scaff. (1994). Análisis de la diversidad genética en el germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) recolectado en el sur de Chile. *Agro Sur* 22 (No. Esp.): 4.
- Bazile D. (ed.), Negrete Sepulveda J. (ed.). (2009). Quínoa y biodiversidad: Cuáles son los desafíos regionales?. *Revista geografica de Valparaíso* (42) (spéc.): 1-141.
- Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA. (2013). Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Bioversity International, Roma, Italia; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia.
- Bonifacio, A., G. Aroni y M. Villca. (2012). Catálogo Etnobotánico de la Quinoa Real. Cochabamba, Bolivia. 123 p.
- Bonifacio, A., A. Mujica, A. Alvarez y W. Roca. (2004). Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla. In: A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y JP. Marathe (eds). Quinoa: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile. pp 125-187.
- Bravo, R. y P. Catacora. (2010). Situación actual de los bancos nacionales de germoplasma. In: R. Bravo, R. Valdivia, K. Andrade, S. Padulosi y M. Jagger (eds). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha en Perú. Bioversity International, Roma, Italia. pp 15-18.
- Brush, S. B., (1991) A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Economic Botany* 45: 153-165. p.3-30.
- Cayoja, M.R. (1996). Caracterización de variables continuas y discretas del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del banco de germoplasma de la Estación Experimental Patacamaya. Tesis de Lic. en Agronomía. Oruro, Bolivia, Universidad Técnica Oruro, Facultad de Agronomía. 129 p.
- Chile MNII (2013). Mecanismo Nacional de Intercambio de Información sobre Recursos Fitogenéticos. <http://www.pgrfa.org/gpa/chl>
- Cubillos, A. (1994). Recursos Fitogenéticos de la Biodiversidad Chilena: Una proposición de Priorización para su Preservación. *Simiente*. 64(4):229-235.
- Cubillos, A. y León, P. (1995) Chile: Informe Nacional para la Conferencia Técnica Internacional de la FAO sobre los Recursos Fitogenéticos. Santiago de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. p. 22-46.
- Ecuador MNII (2013). Mecanismo Nacional de Intercambio de Información sobre Recursos

Fitogenéticos. <http://www.pgrfa.org/gpa/ecu>

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. (1980). Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany* 45, 13-30.

Ellis, R. H., Hong, T. D. and Roberts, E. H. (1988). A low-moisture-content limit to logarithmic relations between seed moisture content and longevity. *Annals of Botany* 61: 405-408.

Engels, J.M.M. y L. Visser. (eds.). (2003). A guide to effective management of germplasm collections. IPGRI Handbooks for Genebanks. No. 6. IPGRI, Rome, Italy.

Espindola, G. y R. Saravia. (1985). Catálogo de quinua del banco de germoplasma en la Estación Experimental de Patacamaya. La Paz, Bolivia, MACA – IBTA pp 2-11

FAO WIEWS (2013). Sistema Mundial de Información y Alerta sobre los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación. <http://apps3.fao.org/wiews>

FAO. (2013). Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia. 167 p.

FAO (2012). Segundo Plan de acción mundial para los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Roma, Italia. 103 p.

FAO. (2010). El Segundo Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la para la agricultura y la alimentación en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 372 p.

FAO. (2001). Mujica, A.; Jacobsen, S.E.; Izquierdo, J.; y Marathe, J. P. (Editores). [\*Quinua \(Chenopodium quinoa Willd.\); Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro\*](#). FAO. Santiago de Chile. 2001.

FAO. (1996). Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la para la agricultura y la alimentación en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia. 75 p.

FAO/IPGRI. (1994). Genebanks Standards. United Nations Food and Agriculture Organization &

International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 13 p.

Friis-Hansen, E. (1994), Conceptualizing *in situ* conservation of landraces. In Widening Perspectives on Biodiversity, A. F. Krattiger et al. (Editors). Gland, Switzerland: IUCN and Geneva: international Academy of the Environment. p. 263-276

Fuentes F., Bazile D., Bhargava A., Martinez E.A. (2012). Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in Chile. *Journal of Agricultural Science*, **150** (6): 702-716. <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859612000056>

Fuentes, F.F., E.A. Martinez, P.V. Hinrichsen, E.N. Jellen, P.J. Maughan (2009) Assessment of genetic diversity patterns in Chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm using multiplex fluorescent microsatellite markers. *Conserv Genet*. 10(2): 369-377.

Fuentes F & A. Bhargava. (2011). Morphological Analysis of Quinoa Germplasm Grown Under Lowland Desert Conditions. *J. Agronomy & Crop Science* 197: 124-134.

Fuentes, F., E. Martinez, J. Delatorre, P. Hinrichsen, E. Jellen y J. Maughan. (2006). Diversidad genética de germoplasma chileno de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) usando marcadores de microsatélites SSR. In: A. Estrella, M. Batallas, E. Peralta y N. Mazón (eds). *Resúmenes XII Congreso Internacional de Cultivos Andinos*. 24 al 27 de julio de 2006. Quito, Ecuador.

Gandarillas, H. (1979a). Genética y origen. En: M. Tapia (ed). *Quinua y Kañiwa, cultivos andinos*. Bogotá, Colombia, CIID, Oficina Regional para América Latina. pp 45-64.

Gandarillas, H. (1979b). Botánica. En: M. Tapia (ed). *Quinua y Kañiwa, cultivos andinos*. Bogotá, Colombia, CIID, Oficina Regional para América Latina. pp 20-44.

Gandarillas, H. (1968). Razas de quinua. Bolivia, Ministerio de Agricultura. División de Investigaciones Agrícolas. *Boletín Experimental* N° 4, 53 p.

Gómez, L. y A. Eguiluz. (2011). Catálogo del Banco de Germoplasma de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), Universidad Nacional Agraria La Molina. p183.

- Hawkes, J.G. (1980). Crop genetic resources field collection manual. IBPGR and EUCARPIA. University of Birmingham. England.
- Hoogendijk M. y T. Franco. (1999). pcGRIN, un sistema de documentación integral para bancos de germoplasma. IPGRI, Oficina para las Américas. Cali, Colombia. En: II Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe (SIRGEALC), Brasilia, DF, Noviembre 21-26 de 1999.
- IBNORCA. (2007). Granos Andinos – Quinua en grano – Clasificación y requisitos. NB 312004. Norma Boliviana. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad – IBNORCA. Julio, 2007.
- IBPGR. (1981). Descriptores de Quinua. Roma: International Board for Plant Genetic Resources. 18p.
- Ichuta, F.; Artiaga, E. (1986). Relación de géneros en la producción y en la Organización Social en Comunidades de Apharuni, Totoruma, Yauricani-Illave. Informe para optar el grado de Bachiller en Trabajo Social. Puno, Peru. pp. 15-17
- IPGRI. (1996). Evaluation of seed storage containers used in genebanks. Report of a survey. International Plant Genetic Resources Institute, Italia 25 p.
- ISTA. (1993). International rules for seed testing. Seed Science and Technology, 21, Supplement. International Seed Testing Association, Suiza. 288 p.
- Jacobsen, S.E. y S. Sherwood. (2002). Cultivo de Granos Andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Centro Internacional de la Papa (CIP) y Catholic Relief Services (CRS). Quito, Ecuador. 89 p.
- Jaramillo, S. y M. Baena. (2000). Material de apoyo a la capacitación en conservación ex situ de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia. 210 p.
- Koziol, M. (1990) Desarrollo del Método para determinar el contenido de saponinas en la quinua. En: Quinua, hacia su cultivo comercial. Wahli, C.: 175-185. Latinreco S.A. Quito, Ecuador.
- León-Lobos, P., M. Way, P. Davila-Aranda and M. Lima-Junior. (2012). The rol of ex situ seed Banks in the conservation of plant diversity and in ecological restoration in Latin America. Plant Ecology & Diversity 5(2): 245-258.
- León-Lobos, P., I. Seguel y F. Condon. (2010). Conservación Ex situ de los Recursos Fitogenéticos. En: A. Berreta (ed.) Estrategia en los recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur: 41-58. IICA Montevideo: PROCISUR, IICA.
- Lescano, J.L. (1994). Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos: quinua, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. Programa Interinstitucional de Waru Waru, Convenio INADE/PELT - COTESU. Puno, Perú. 459 p.
- Lescano, J.L. (1989). Avances sobre los recursos fitogenéticos altoandinos. En: Curso: “Cultivos altoandinos”. Potosí, Bolivia. 17 - 21 de abril de 1989. pp 19-35.
- Louafi S., Bazile D., Noyer J.L. (2013). Conserver et cultiver la diversité génétique agricole : aller au-delà des clivages établis. In: *Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture*. Versailles: Ed. Quae, p. 185-222.
- Madrid, D. (2011). Aportes de la geografía a la conservación ex situ de recursos genéticos de importancia agrícola – El caso de la quinua en Chile. Tesis para optar el título de Geógrafo. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Octubre de 2011. Valparaíso, Chile.
- Madrid D., Bazile D., Martinez E.A., Negrete Sepulveda J. (2011). Herramientas de la geografía para mejorar la conservación de la biodiversidad agrícola. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geograficas* : 304-310.
- Mujica A. y Jacobsen, S.E. (2000). Agrobiodiversidad de las Aynokas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la seguridad alimentaria. pp.151-156 En: C. Felipe-Morales & A. Manrique (eds.). Proc. Seminario Taller Agrobiodiversidad en la Región Andina y Amazónica. 23-25 noviembre. 1988, NGO-CGIAR, Lima.
- Mujica, A. (1992). Granos y leguminosas andinas. In: J. Hernandez, J. Bermejo y J. Leon (eds). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. pp 129-146.
- Mason SL, Stevens MR, Jellen EN, Bonifacio A, Fairbanks DJ, Coleman CE, McCarty RR, Rasmussen AG, Maughan PJ. (2005). Development and

use of microsatellite markers for germplasm characterization in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Crop Sci* 45:1618–163.

Maughan J, Bonifacio A, Jellen E, Stevens M, Coleman C, Ricks M, Mason S, Jarvis D, arduña B, Fairbanks D. (2004). A genetic linkage map of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on AFLP, RAPD, and SSR markers. *TheorAppl Genet* 109:1188–1195.

Oldfield, M. and J. Alcorn. (1987). Conservation of traditional agroecosystems. *BioScience*, 1987. 37: 199-208.

Ortiz, R.; Ruiz-Tapia, E.N.; Mujica-Sanchez, A. (1998). Sampling strategy for a core collection of Peruvian quinoa germplasm. *Theor Appl Genet* 96: 475D483

Padulosi S., P. Bala Ravi, W. Rojas, S. Sthapit, A. Subedi, E. Dulloo, K. Hammer, R. Vögel, M.M. Antofie, V. Negri, N. Bergamini, G. Galluzzi, M. Jäger, B. Sthapit, R. Rana, I. Oliver King, N. Warthmann. (2012). “Red list for cultivated species: why we need it and suggestions for the way forward”. Poster presented at the World Conservation Congress, Jeju, Korea, 3-13 September, 2012.

Peralta, E. (2006). Los cultivos Andinos en el Ecuador. Bancos de germoplasma, Fitomejoramiento y Usos: pasado, presente y futuro. En: A. Estrella, M. Batallas, E. Peralta y N. Mazón (eds). *Resúmenes XII Congreso Internacional de Cultivos Andinos*. 24 al 27 de julio de 2006. Quito, Ecuador.

Pinto, M., W. Marin, V. Alarcón y W. Rojas. (2010). Estrategias para la conservación y promoción de los granos andinos: ferias y concursos. En: W. Rojas, M. Pinto, J.L. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds). *Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Bioversity International, Roma, Italia. pp 73-93.

Pinto, M., J. Flores, C. Alanoca, E. Mamani y W. Rojas. (2007). Bancos de germoplasma comunales contribuyen a la conservación de quinua y cañahua. En: W. Rojas (ed) “Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos altoandinos, en el marco del SINARGEAA”. *Informe Anual 2006/2007. Proyecto SIBTA-SINARGEAA. MDRAMA - Fundación PROINPA*. pp 200-205.

Pinto, M., J. Flores, C. Alanoca y W. Rojas. (2006). Implementación de bancos de germoplasma

comunales. *Informe Anual 2005/2006. Proyecto SIBTA-SINARGEAA “Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos altoandinos, en el marco del SINARGEAA”*. MDRAMA - Fundación PROINPA. pp 280-288.

Rao, N.K., J. Hanson, M.E. Dulloo, K. Ghosh, D. Novell y M. Larinde. (2007). Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. *Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8*. Bioversity International, Roma, Italia.

Rojas, W. y M. Pinto. (2013). La diversidad genética de quinua de Bolivia. En: Vargas, M. (Editor. 2013). *Congreso Científico de la Quinua (Memorias)*. La Paz, Bolivia. pp 77 - 92.

Rojas, W., M. Pinto, J. Flores and V. Polar. (2012). The contribution of community genebanks to in situ conservation of quinoa and cañahua: the experience of Bolivia. In: Padulosi, S., N. Bergamini and T. Lawrence (editors 2012). *On farm conservation of neglected and underutilized species: status, trends and novel approaches to cope with climate change*. *Proceedings of the International Conference, Frankfurt, 14-16 June, 2011*. Bioversity International, Rome, Italy. pp 65-76.

Rojas, W., M. Pinto y J.L. Soto. (2010). Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos. En: W. Rojas, M. Pinto, J.L. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds.). *Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Bioversity International, Roma, Italia. pp 11- 23.

Rojas, W., M. Pinto, A. Bonifacio y A. Gandarillas. (2010a). Banco de Germoplasma de Granos Andinos. En: W. Rojas, M. Pinto, J.L. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds.). *Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Bioversity International, Roma, Italia. pp 24-38.

Rojas, W. (2010). Colección Núcleo de Granos Andinos. En: W. Rojas, M. Pinto, J.L. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds.). *Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Bioversity International, Roma, Italia. pp 54-72.

Rojas, W., M. Pinto y E. Mamani. (2009). Logros e impactos del Subsistema Granos Altoandinos, periodo 2003 – 2008. En *Encuentro Nacional de*



Innovación Tecnológica, Agropecuaria y Forestal. INIAF. Cochabamba, 29 y 30 de junio de 2009. pp 58-65.

Rojas, W. y M. Pinto. (2008). Evaluación del valor nutritivo de accesiones de quinua y cañahua silvestre. En: M. Pinto (ed.) Proyecto Implementation of the UNEP-GEF project, "In situ conservation of crop wild relatives through enhanced information management and field application." Informe de Fase 2005-2008. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp 54-60.

Rojas, W., M. Pinto y E. Alcocer. (2007). Diversidad genética del valor nutritivo y agroindustrial del germoplasma de quinua. Revista de Agricultura – Año 59 Nro. 41. Cochabamba, diciembre de 2007. pp 33-37.

Rojas, W. y M. Pinto. (2006). Evaluación del valor nutritivo y agroindustrial de accesiones de quinua y cañahua. En: W. Rojas (ed.) Proyecto Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Final 2005-2006. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp 32-42.

Rojas, W. (2003). Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. Food Reviews International. Vol. 19 (1-2): 9-23.

Rojas W., M. Pinto y A. Camargo, (2003). Estandarización de listas de descriptores de quinua y cañahua. En: Informe Técnico Anual 2002 - 2003. Año 2. Proyecto IPGRI-FAD "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población rural de escasos recursos". Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia. pp 59-94.

Rojas, W., M. Pinto y J.L. Soto. (2003b). Estudio de la variabilidad genética de quinua en el área circundante al Lago Titicaca. Informe Anual 2002/2003. Proyecto Mcknight. Fundación PROINPA. 8 p.

Rojas, W. y A. Camargo. (2002). Reducción de la humedad del grano de quinua para almacenamiento a largo plazo. Informe anual 2001-2002 Proyecto Mcknight. Fundación PROINPA. 6 p.

Rojas, W. y A. Camargo. (2003). Establecimiento de un método de reducción del contenido de la humedad del grano de quinua. Informe Anual

2002/2003. Proyecto Mcknight. Fundación PROINPA. 4 p.

Rojas, W. (2002). Distribución geográfica de la colección de germoplasma de quinua. Informe Anual 2001/2002. Proyecto Mcknight. Fundación PROINPA. 5 p.

Rojas, W., M. Cayoja y G. Espindola. (2001). Catálogo de colección de quinua conservada en el Banco Nacional de Granos Altoandinos. Fundación PROINPA, MAGDER, PPD-PNUD, SIBTA-UCEPSA, IPGRI, IFAD. La Paz, Bolivia. 129 p.

Rojas, W. y A. Bonifacio. (2001). Multiplicación de accesiones tardías de quinua bajo condiciones de invernadero. Informe Anual 2000/2001. Fundación PROINPA. 4 p.

Rojas, W. y R. Quispe. (2001). Documentación electrónica del germoplasma de quinua. Informe 2001. Proyecto Conservación y Manejo de la Variabilidad Genética de la Colección de Germoplasma de Quinua. PPD/PNUD. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp 17-19.

Salazar, E.; León, P; Muñoz, C. y Rosas, M. (2006). Estado de la conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos cultivados y silvestres en Chile. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 156. 2006, 180 p.

Santonieri L., Madrid D., Salazar E., Martinez E.A., Almeida M., Bazile D., Emperaire L. (2011). Analyser les réseaux de circulation des ressources phytogénétiques : une voie pour renforcer les liens entre la conservation *ex situ* et local. In : *Les ressources génétiques face aux nouveaux enjeux environnementaux, économiques et sociétaux : Actes du colloque FRB, 20, 21, 22 septembre 2011, Montpellier (France)*. Paris : FRB, p. 76-78. Colloque FRB : Les ressources génétiques face aux nouveaux enjeux environnementaux, économiques et sociétaux, 2011-09-20/2011-09-22, Montpellier, France. [http://www.fondationbiodiversite.fr/images/stories/telechargement/actes\\_colloque\\_rg\\_web.pdf](http://www.fondationbiodiversite.fr/images/stories/telechargement/actes_colloque_rg_web.pdf)

Sevilla, R., Holle M. (2004). Recursos Genéticos Vegetales. Lima, Perú. 113 p.

Solveig, D. y T. Ames. (2000). El Mildiu (Perenospora farinose) de la Quinua (Chenopodium quinoa) en la Zona Andina. Manual Práctico para el estudio de la



enfermedad y el patógeno. C I P. 32 pp

Tapia, M. (1990). Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA – FAO, Oficina para América Latina y El Caribe, Santiago de Chile.

Tapia, M.E.; Mujica, S.A.; Canahua, A. (1980). Origen, distribución geográfica y sistemas de producción en quinua. In “Primera Reunión sobre Genética y Fitomejoramiento de la quinua”.. Universidad Técnica del Altiplano, Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Centro de Investigación Internacional para el Desarrollo , Puno, Peru. Pp. A1-A8

Tapia, M. (1977). Investigaciones en el banco de germoplasma de quinua. En: Universidad Nacional Técnica del Altiplano (ed.). Curso de Quinua. Fondo

Simón Bolívar. IICA - UNTA. Puno, Perú. pp 66-70.

Veramendi, S., A. Bonifacio, X. Cadima y W. Rojas. (2013). Caracterización de la diversidad genética de la colección boliviana de quinua, utilizando microsatélites. En: Vargas, M. (Editor. 2013). Congreso Científico de la Quinua (Memorias). La Paz, Bolivia. pp 43 - 53.

Wood D, Lenné JM. (1997). The conservation of agrobiodiversity on farm: questioning the emerging paradigm. *Biodiversity and Conservation*, 1997. 6: 109-29. p.109-123.

